



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-213815

(43)Date of publication of application : 19.09.1991

(51)Int.Cl.

G02B 15/167

(21)Application number : 02-022223

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 02.02.1990

(72)Inventor : MIHARA SHINICHI

(30)Priority

Priority number : 01289967 Priority date : 09.11.1989 Priority country : JP

## (54) ZOOM LENS

(57)Abstract:

PURPOSE: To reduce the size and weight of the zoom lens by composing a 1st and a 4th group of  $\leq 3$  lens elements, and satisfying specific conditions.

CONSTITUTION: The 1st group and 4th group which have positive refracting power in order from the object side consist of  $\leq 3$  lens elements which have small refracting power on the whole so as to compensate aberrations. In inequalities I - III, HFIIIIV is the front principal point of the composite system of the 3rd and 4th groups on the telephoto end, tIV is the overall thickness of the 4th group (distance from the surface closest to the object side to the surface closest to the image side), tI the overall thickness of the 1st group, and f2 and fr the focal lengths f the whole system at the wide-angle end and telephoto end. Consequently, the diameter and thickness of the 1st heaviest group decrease without any decrease in marginal light nor deterioration in image forming performance and the overall length becomes shorter, so that the size and weight are reduced as compared with a zoom lens with conventional specification.

$$\begin{aligned} -0.5 \sqrt{f_2 \cdot f_r} < HF_{IIIIV} < 2 \sqrt{f_2 \cdot f_r} & \quad I \\ 0.5 \sqrt{f_2 \cdot f_r} < t_4 < 0.5 \sqrt{f_2 \cdot f_r} & \quad II \\ 11.2 \sqrt{f_2 \cdot f_r} < t_1 < 3.5 \sqrt{f_2 \cdot f_r} & \quad III \end{aligned}$$

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

第2920549号

(45)発行日 平成11年(1999) 7 月19日

(24)登録日 平成11年(1999) 4 月30日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 2 B 15/167

G 0 2 B 15/167

請求項の数 5 (全 30 頁)

(21)出願番号 特願平2-22223

(22)出願日 平成2年(1990) 2 月 2 日

(65)公開番号 特開平3-213815

(43)公開日 平成3年(1991) 9 月19日

審査請求日 平成9年(1997) 1 月24日

(31)優先権主張番号 特願平1-289967

(32)優先日 平1(1989)11月9日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(73)特許権者 999999999

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目43番 2 号

(72)発明者 三原 伸一

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目43番 2 号 オ

リンパス光学工業株式会社内

(74)代理人 弁理士 向 寛二

審査官 瀬川 勝久

(56)参考文献 特開 平2-291515 (J P, A)

特開 平3-89309 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>6</sup>, D B名)

G02B 9/00 - 17/08

G02B 21/02 - 21/04

G02B 25/00 - 25/04

(54)【発明の名称】 ズームレンズ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】物体側から順に正の屈折力を有する第1群と、負の屈折力を有する第2群と、開口絞りと、正の屈折力を有する第3群と、収差補正を目的とし、全体として屈折力の小さい第4群との四つのレンズ群からなり、変倍時には第1群と第4群とが固定であり第2群と第3 \*

$$(2) \quad 0.15\sqrt{f_w \cdot f_r} < t_v < 0.5\sqrt{f_w \cdot f_r}$$

$$(3) \quad 0.2\sqrt{f_w \cdot f_r} < t_1 < 0.5\sqrt{f_w \cdot f_r}$$

ただし、 $HF_{IIIIV}$ は第3、第4群の合成系の最も物体側の面からテレ時の前側主点までの距離、 $t_{IV}$ は第4群の総厚、 $t_1$ は第1群の総厚、 $f_w$ 、 $f_r$ はそれぞれワイド時およびテレ時の全系の焦点距離である。

【請求項2】第4群の最も物体側のレンズが物体側に凸

2  
\*群とが光軸に沿って逆方向に動くズームレンズにおいて、前記第1群、第4群が3枚以下で構成されかつ以下の条件(1)、(2)、(3)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$(1) \quad -0.5\sqrt{f_w \cdot f_r} < HF_{IIIIV} < 2\sqrt{f_w \cdot f_r}$$

10  
面に向けた負のメニスカスレンズであることを特徴とする請求項(1)のズームレンズ。

【請求項3】第4群の最も像側のレンズが像側に凸面に向けた負のメニスカスレンズであることを特徴とする請求項(1)のズームレンズ。

3

【請求項4】物体側から順に正の屈折力を有する第1群と、負の屈折力を有する第2群と、正の屈折力を有する第3群との三つのレンズ群からなり、変倍時には第1群が固定で第2群と第3群とが光軸に沿って変倍全区間で逆方向に動くレンズ系で、前記第1群が2枚のレンズか\*

$$(5) \quad 0.2\sqrt{f_w \cdot f_r} < t_1 < 0.45\sqrt{f_w \cdot f_r}$$

$$(6) \quad 0.5\gamma < \beta_{mT} / \beta_{mw} < 0.7\gamma$$

ただし、 $HF_{III}$ は第3群の最も物体側の面からテレ時の前側主点までの距離、 $\gamma$ はズーム比、 $t_1$ は第1群の総厚、 $\beta_{IIIW}$ 、 $\beta_{IIIT}$ は夫々ワイド時およびテレ時の第3群の倍率である。

【請求項5】物体側から順に正の屈折力を有する第1群と、負の屈折力を有する第2群と、正の屈折力を有する第3群との三つのレンズ群からなり、変倍時には第1群が固定で第2群と第3群とが光軸に沿って変倍全区間で※

$$(5) \quad 0.2\sqrt{f_w \cdot f_r} < t_1 < 0.45\sqrt{f_w \cdot f_r}$$

$$(6) \quad 0.5\gamma < \beta_{mT} / \beta_{mw} < 0.7\gamma$$

ただし、 $HF_{III}$ は第3群の最も物体側の面からテレ時の前側主点までの距離、 $\gamma$ はズーム比、 $t_1$ は第1群の総厚、 $\beta_{IIIW}$ 、 $\beta_{IIIT}$ は夫々ワイド時およびテレ時の第3群の倍率である。

【発明の詳細な説明】

〔産業上の利用分野〕

本発明は、ズームレンズに関するもので、特に電子撮像素子を用いたカメラ等に使用される小型ズームレンズに関するものである。

〔従来の技術〕

最近、ホームビデオカメラは、小型軽量化が進み、それに伴い撮像レンズの小型化にも力が注がれている。又撮像レンズの小型化に関しては、全長を短くすることや前玉径を小さくすることに特に力が注がれている。

ズームレンズ系を小型化するために、変倍化は変えないとしても、画角を小さくしたり、開放Fナンバーを大きな値にすることにより行なっており、従来主流であったF/1.4から、F/2.0へ移行しつつあり、特に前玉径の小型化のニーズが高くなっている。

従来のビデオ用ズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力の第1群と、負の屈折力を持ち変倍のために光軸に沿って移動する第2群と、負又は正の屈折力を持ち、変倍による焦点位置の変動をなくすために光軸に沿って移動する第3群と、結像作用を有し常時固定のリレー系である第4群とより構成され、開口絞りを第3群と第4群の間もしくは第4群中に固定したものである。このような構成のズームレンズの場合、前玉と開口絞りの間に多くのスペースを要し、全系の入射瞳位置が深くなりやすく、どうしても前玉が巨大にならざるを得な

4

\*ら構成され、次の条件(4)、(5)、(6)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$(4) \quad -0.5\sqrt{f_w \cdot f_r} < HF_{III} < 2\sqrt{f_w \cdot f_r}$$

10 ※逆方向に動くレンズ系で、前記第1群が2枚のレンズから構成され、前記第3群が物体側より順に正レンズ、負レンズ、正レンズ、正レンズ又は正レンズ、正レンズ、負レンズ、正レンズにて構成され、次の条件(4)、(5)、(6)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$(4) \quad -0.5\sqrt{f_w \cdot f_r} < HF_{III} < 2\sqrt{f_w \cdot f_r}$$

った。このような従来の構成のズームレンズで前玉の小型化を計っているものがある。例えば、特開昭62-54213号公報に記載されたズームレンズは、第1群、第2群を極力薄くして入射瞳位置を浅くし、前玉径の小型化を計っている。又特開昭63-287810号公報に記載されたズームレンズは、第1群から第3群までの構成枚数を極力少なくし、かつ変倍時の可動スペースを効率的に用いるような屈折力配置にして必要なスペースを少なくし、入射瞳位置を浅くして前玉径の小型化を計っている。

また前玉径を大きくするもう一つの要因として、第1群を光軸に沿って移動させてフォーカシングを行なう点があげられる。つまり第1群を最も繰り出した最至近距離物点へ合焦した時に周辺光量を確保する点があげられる。これは、第1群を物体側へ繰り出すことによって入射瞳が深くなるためである。この点を解消するために、例えば特開昭60-184221号公報に記載されたレンズ系のように、フォーカシング作用を絞りより後ろの群に持たせ前玉の巨大化を抑えたものがある。

40 しかし以上の従来例においても前玉の小型化は充分ではなく、一定の限界を有している。

更に従来のズームレンズにおいて、第3群に相当する機能つまり変倍時の像位置の変動を補正する機能(コンペンセーター作用)を、絞りより後ろの群のリレー系全体又はその一部のレンズに持たせ、これによって第3群を廃止して、絞りより物体側のスペースを少なくして前玉径を小にしたものがある。それは特公昭47-42175号、特公昭57-12125号、特開昭63-123009号等である。特に絞りより後ろのレンズ系全体(後群)をコンペンセーターとして移動させるようにし、この後群の負の屈折力を

持つ第2群と反対方向に動くような屈折力配置にすれば、この後群（これが新たに第3群と考えられる）も、第2群と同様に変倍作用を有することになるので、第2群の変倍の際の移動量が少なくなり、絞りより物体側の移動スペースを減少出来、前玉径を小さく出来る。しかしこの方式のレンズ系は、変倍域全体にわたり一様な傾向の残存収差特にコマ収差、球面収差がある。したがって例えば特公昭57-12125号公報のレンズ系のように第3群より後ろに、固定であって全体として屈折力が弱く、収差補正を目的としたレンズ群を設けて変倍域全体で収差が良好に補正されたレンズ系としている。

しかしこの特開昭57-12125号公報のレンズ系は、絞りが第3群と第4群の間に設けられているため、前玉径の小型化にはあまり寄与していない。

又特公昭58-32364号公報に記載された型の4群ズームレンズに、特公昭47-42175号のレンズ系の絞り位置を適用して組合わせ、前玉径を小さくすることが出来る。このようにしたズームレンズの例として特開昭61-296317号公報等に記載されたレンズ系がある。

これに記載された従来例は、物体側から順にフォーカス群、負のバリエーター群、正のバリエーター群、固定群から構成され、両バリエーター群を逆方向に移動させることによって像位置を一定に保ちつつ変倍を行なうものであり、絞りは両バリエーターが最も接近した時に両者の中間になる位置に固定されている。前記従来例（特公昭62-54213号など）は、第3群と第4群の間よりも像側にしか絞りを配置できないので、これよりも物体側に配置されており、そのため入射瞳位置をより近くに配置出来前玉径をより小さく出来る。しかし前玉径をより小さく出来るものの逆に後玉の径が大きくなりやすい欠点を有する。これは絞りをより物体側に配置すると入射瞳は近くなるが逆に射出瞳が遠くなることによる。またこ\*

$$(1) \quad -0.5 \sqrt{f_w \cdot f_T} < H F_{IV} < 2 \sqrt{f_w \cdot f_T}$$

$$(2) \quad 0.15 \sqrt{f_w \cdot f_T} < t_{IV} < 0.5 \sqrt{f_w \cdot f_T}$$

$$(3) \quad 0.2 \sqrt{f_w \cdot f_T} < t_I < 0.5 \sqrt{f_w \cdot f_T}$$

ただし、 $H F_{IV}$ は第3、第4群の合成系の最も物体側の面からテレ時の前側主点までの距離、 $t_{IV}$ は第4群の総厚（最も物体側の面から最も像側の面までの距離）、 $t_I$ は第1群の総厚、 $f_w, f_T$ は夫々ワイド端およびテレ端における全系の焦点距離である。

これら条件のうち条件(1)、(2)は、主として絞りより像側の系である後群の径を小さくしレンズ系の全長を短くするため設けたものである。

後群のレンズ径は、軸外光束の振る舞いにより決まる場合が多いが、この軸外光束の振る舞いを決定する要因は射出瞳である。結像位置よりも物体側を負にとると、射出瞳位置が正の値になった場合、後玉径が著しく大き

\*の従来例は前玉径がより小さくなっているとはいっても十分小さいとは言えず又全長も短いとは言えない。

〔発明が解決しようとする課題〕

今後のビデオカメラの小型軽量化は、撮像素子の光電変換面を縮小することによって、撮像レンズも小型軽量化することにより実現する方向に進むのと考えられる。この場合の撮像レンズの小型軽量化は、単純に考えると撮像面が小さくなった分その係数倍すれば良い。しかし実際にはレンズの加工、組立上、レンズの縁肉や空気間隔を単に小さくすることは出来ないので、前玉径を小さくすることは今後の撮像レンズ設計上での最大のニーズの一つと考えられる。

本発明は、より前玉径を小さくするために第2群と第3群との間に位置固定の絞りを有しかつ第2群と第3群が変倍時に逆方向へ動く構成にすると共に、絞りよりも像側のレンズ構成を工夫することによって後玉径が大きくならないようにし、又全長も短くかつ明るくて結像性能の良好なズームレンズを提供することを目的としている。

〔課題を解決するための手段〕

本発明のズームレンズは、物体側より順に正の屈折力を有する第1群と、負の屈折力を有する第2群と、開口絞りと、正の屈折力を有する第3群と、収差補正を目的とし全体として屈折力の小さい第4群の四つのレンズ群からなり、変倍時には第1群と第4群が固定で第2群と第3群とが光軸に沿って逆方向に動くレンズ系であって、第1群、第4群が3枚以下にて構成されかつ次の条件(1)、(2)、(3)を満足することによって前玉径の小型化と同時にそれに伴う後玉径の巨大化を防止し、全長も短く、構成枚数も少ない小型軽量で低コストなズームレンズである。

くなり、また負の値であっても絶対値が大きいと正の値の場合ほどではないが後玉径が大きくなる。射出瞳は、実絞りの絞りよりも像側のレンズ系にて形成される像であるので、この像の出来る位置が物体像面よりも物体側であって像面に程よく近くなるようにするためには、第3群と第4群の合成の系の前側主点が極力物体側へ位置するように構成すればよい。つまりこの合成系の焦点距離にはあまり自由度がないので、前側主点が極力物体側に位置するようにすればよい。この場合後側主点も物体側に位置するようになり、全長も短くなりやすい。

条件(1)は、望遠端における第3群と第4群の合成の系の前側主点位置を規定したものである。この条件

(1) の上限を越えると射出瞳が遠くなり、後玉径が大きくなり、また後群（絞りより後ろの群）の全長が長くなりやすく全体が大きくなる。逆に条件（1）の下限を越えると後玉径は小さくしやすいが、像面への軸外光束入射角が大きくなりすぎて、電子撮像素子の光電変換効率の低下や色フィルターと像との位置ずれがおこりやすくなる。

条件（2）は、第4群の総厚を規定したものである。第3群は変倍群であり、レンズ系の全長を短くするためにパワーを強くしかつ各収差を良好に補正するために構成枚数が多くなる。またある程度の可動スペースを必要とする。したがって第4群の総厚を出来る限り小にしないとレンズ系の全長を短く出来ない。また絞りも像面から遠くなるために後玉径を小さくすることが難しくなる。そのために第4群の総厚を極力薄くした。この総厚が条件（2）の上限を越えると全長が長くなり、また射出瞳が遠くなりその分だけ後玉径が大きくなりやすい。又条件（2）の下限を越えるとレンズ構成が機械的に可能でなくなる。

更に前玉径を小にするためには、前記の条件（3）を\*20

$$(a) \quad v_{1p} - v_{1n} > 18$$

$$(b) \quad 0.1 < |\phi_{1n}| \cdot \sqrt{f_w \cdot f_T} < 0.5$$

ただし  $v_{1p}$  は第1群中の正レンズのアップベ数の平均値、 $v_{1n}$  は第1群中の負レンズのアップベ数の平均値、 $\phi_{1n}$  は第1群の負レンズのパワーである。

条件（a）は第1群中の正レンズのアップベ数の平均値と負レンズのアップベ数の差を規定したものである。この条件の下限を越えると色収差の補正が不十分であるか、又は第1群の各エレメントのパワーを増大しなければならず、前玉の小型化に反することになる。

条件（b）は第1群の負レンズのパワーを規定したもので、上限を越えると第1群の正レンズもパワーを増大させなければならず、前玉の小型化に反し、又下限を越えると色収差の補正、テレ端における球面収差の補正が十分でなくなる。

又第1群を物体側から順に負レンズ、正レンズ、正レンズにて構成した場合には、これらレンズのうちの2枚の正レンズのパワーの比を次の条件（c）を満足するように規定することが望ましい。

$$(c) \quad 0.3 < \phi_{1P1} / \phi_{1P2} < 1.0$$

ただし  $\phi_{1P1}$  は上記正レンズのうちの物体側の正レンズのパワー、 $\phi_{1P2}$  は上記正レンズのうちの像側の正レンズのパワーである。

条件（c）は第1群中の2枚の正レンズのパワーの比を定めたものである。この条件の上限を越えると入射瞳位置を近くするためには不利になるので好ましくない。又下限を越えると第1群を薄くしにくくなりそのために入射瞳位置を近くするのに不利になる。

\*満足することが望ましい。

条件（3）の上限を越えると入射瞳が遠くなり前玉径が大になってレンズ系全体が大きく重くなるので好ましくない。又下限を越えると第1群を構成する各レンズが薄くなりすぎ縁肉厚をとれなくなり、レンズの有効径の確保がむずかしくなる。有効径をとるためには、各レンズの屈折力を弱くせざるを得ず、その場合第1群における色収差の補正が出来なくなる。

本発明は、実絞りが従来一般に広く知られている4群ズームに比べて物体側に配置しやすいレンズタイプを採用しこれによって前玉径を小さくしてある。この効果を一層増大せしめるためには、絞りよりも物体側のレンズ群を薄くすればよいが実際上は困難な問題である。しかし主光線の傾き角が大きいところでは、薄くすることによる前玉径の小型化への効果は極めて顕著である。つまり第1群を薄くすることにより大きな効果が得られる。レンズの縁肉等の関係からレンズを薄くすることは難しいが、色収差の補正が可能な限り各レンズのパワーを弱くしたりレンズ枚数を減らすことによって第1群を薄くすることが出来る

第4群は、前述のように屈折力が全系の屈折力に対し相対的に小さく、ほとんどが収差補正のために設けられている。正、負、正の三つのレンズ群よりなり第2群と第3群とを光軸に沿って逆方向に移動させながら変倍を行なうタイプのズームレンズは、前玉径の小型化にとって有利でしかし変倍比が高くなったり、口径比や画角が大きくなったりすると、変倍範囲内にわたって一様な傾向の残収差（特にコマ収差、球面収差）が発生しやすい。これを補正するために、屈折力は小さいが収差補正を目的とする第4群を設けた。そのため構成枚数が増え第4群のためのスペースが加わり第4群の径が大きくなるだけでなく全体として大型になる。これを最小限にとどめなければならないことは前述の通りである。

前記の残収差を補正するためには、第4群は、正レンズ、負レンズを含む2枚程度で十分である。ただし1枚の負レンズは、少なくともメニスカス形状で、それは最も物体側に凸面を物体側へ向け配置するか、最も像側に凸面を像側へ向け配置するかなければならない。そしてこのメニスカスレンズの凹面側にはこの面より曲率半径の大きな凸面を隣接させ、これによって、補正不足になりがちな球面収差、コマ収差を補正出来る。

更に次の条件（7）を満足すれば、軸上色収差、倍率の色収差も良好に補正できる。

$$(7) \quad -25 < v_{4p} - v_{4n} < 25$$

ただし  $v_{4n}$  は第4群の上記負のメニスカスレンズの媒質のアップベ数、 $v_{4p}$  は上記レンズの凹面側に隣接するレ

9

レンズの媒質アッペ数である。

上記条件 (7) の上限を越えると軸上色収差、倍率の色収差が補正過剰になる。又下限を越えると同収差が補正不足になる。

以上述べたように構成することによって前玉径、後玉径を小さくし全長を短くしかつ構成枚数を少なくした、小型、軽量、低コストなズームレンズを得ることが出来る。

ところで、この種のズームレンズは、変倍領域内にわたって良好な収差特性を有しているが、絞りを介してその両側に全く逆の屈折力を持つ変倍群が存在するため変倍にともなうコマ収差の変動が生じやすい欠点を有している。そのため変倍作用を有する第 2 群と第 3 群の構成を工夫する必要がある。まず第 2 群は物体側から順次に \*

$$(9) \quad 2 \sqrt{f_w \cdot f_T} < R_{2s} / (n_p - n_n) < 5.6 \sqrt{f_w \cdot f_T}$$

ただし  $R_{2s}$  は前記正レンズの物体側の面の曲率半径、 $n_p$  は前記正レンズの屈折率、 $n_n$  は前記正レンズの物体側の負レンズの屈折率である。

条件 (9) の上限を越えると変倍に伴うコマ収差の変動を満足なレンズに抑えることが難しくなる。又下限を越えると正レンズの縁肉確保のために正レンズを厚くしなくてはならず、コンパクト化に反することになり好ましくない。

このように正レンズの物体側の面とこれに隣接する発散面とを共に屈折力を強くするためにこの第 2 群の負レンズと正レンズのアッペ数差 ( $v_{2n} - v_{2p}$ ) は少な目にした方が好ましく次の条件 (10) を満足することが望ましい。

$$(10) \quad 5 < v_{2n} - v_{2p} < 25$$

条件 (10) の上限を越えると軸上色収差が補正不足になり又倍率の色収差が補正過剰になりやすく、下限を越えると軸上色収差が補正過剰になり又倍率色収差が補正 ※

$$(12) \quad 0.05 \sqrt{f_w \cdot f_T} < D_{2s} < 0.5 \sqrt{f_w \cdot f_T}$$

この条件 (12) の下限を越えると変倍によるコマ収差の変動を緩和するのが難しくなり、又上限を越えると第 3 群のためのスペースが必要になり後玉径、全長が大きくなりやすい。

またこの種のズームレンズの場合、第 3 群独自でかなり色収差を補正しなければならない。そのためには、前記構成のような第 3 群において次の条件 (13) を満足することが好ましい。

$$(13) \quad 15 < v_{3p} - v_{3n} < 35$$

ただし  $v_{3p}$  は第 3 群の正レンズのアッペ数の平均、 $v_{3n}$  は第 3 群の負レンズのアッペ数の平均である。

上記条件 (13) の上限を越えると特に広角端での倍率の色収差が補正過剰になり、望遠端での軸上色収差が補正過剰になりやすい、一方下限を越えると特に広角端での倍率の色収差が補正不足に、望遠端での軸上色収差が

10

\*負レンズ、負レンズ、正レンズの 3 枚にて構成し特に正レンズの像側の面が収斂面になることが重要である。そしてこの面  $R_{2s}$  が次の条件 (8) を満足することが望ましい。

$$(8) \quad -R_{2s} < \sqrt{f_w \cdot f_T}$$

以上のようにすることによりコマ収差の変動を小さくし得るが上限を越えると正レンズのパワーが強くなりすぎて、第 2 群の変倍作用を弱めることになる。

また前記正レンズの物体側の面とそれに隣接する発散面とによってもかなりの補正効果があり両面トータルの正の屈折力が大きい方が補正効果が大である。

ここでこの正レンズに関して下記の条件 (9) を満足することが好ましい。

※不足になりやすい。

次に第 3 群は、これを物体側から順に正レンズ、正レンズ、負レンズ、正レンズにて構成した場合、負レンズの物体側の面とそれに隣接する面により形成される空気レンズに発散性を持たせることにより、変倍によるコマ収差の変動をある程度緩和させることが出来る。この空気レンズを形成する面、つまり負レンズの物体側の面とそれに隣接する面の曲率半径  $R_{3s}$ 、 $R_{34}$  は、次の条件 (11) を満足することが望ましい。

$$(11) \quad -1.0 < R_{3s}/R_{34} < 0.8$$

この条件 (11) の上限を越えると変倍によるコマ収差の変動を緩和するのが難しくなり、又下限を越えるとコマ収差の変動より球面収差の変動が大きくなりやすい。

又変倍によるコマ収差の変動を少なくするためには、上記の負レンズの厚さを程々に厚くすることも有効であり、この厚さ  $D_{3s}$  が次の条件 (12) を満足することが好ましい。

補正不足になりやすい。

又第 3 群は、物体側から順に 2 枚又は 3 枚の正レンズと、1 枚の負レンズにて構成してもよいが、この構成にした場合は、最も物体側の正レンズの形状を物体側の面を像側の面よりも曲率半径が小さくなるようにした方が好ましい。そして上記正レンズの物体側の面および像側の面の曲率半径  $R_{31}$ 、 $R_{32}$  が次の条件 (14) を満足することが望ましい。

$$(14) \quad -1 < (R_{31} + R_{32}) / (R_{31} - R_{32}) < 0$$

条件 (14) の上限を越えると球面収差の変動が大きくなりやすく、下限を越えるとコマ収差の変動が大きくなりやすい。

なお、第 4 群のパワーは小さくほとんどが収差補正のためのものである。そのため F ナンバーが 2.0 以上で変倍比が 3 程度の低い仕様のレンズ系の場合は、第 4 群を

11

12

省略することも可能である。

\*た場合は次の条件(4)、(5)、(6)を満足することが望ましい。

このような第4群を省略して3群構成のレンズ系とし\*

$$(4) \quad -0.5 \sqrt{f_w \cdot f_T} < HF_{III} < 2 \sqrt{f_w \cdot f_T}$$

$$(5) \quad 0.2 \sqrt{f_w \cdot f_T} < t_1 < 0.45 \sqrt{f_w \cdot f_T}$$

$$(6) \quad 0.5 \gamma < \beta_{IT}/\beta_{IW} < 0.7 \gamma$$

ただし、 $HF_{III}$ は第3群の最も物体側の面からテレ時の前側主点までの距離、 $t_1$ は第1群の総肉厚、 $\beta_{IIIIT}$ 、 $\beta_{IIIV}$ は夫々第3群のワイドおよびテレ時の倍率、 $\gamma$ はズーム比である。

前述のように第4群を省略した場合、条件(1)、(2)、(3)に示した $t_{IV}$ は、 $t_{IV}=0$ となり、又 $HF_{IIIV}$ は第3群の前側主点 $HF_{III}$ に一致する。したがって条件(4)は条件(1)に、条件(5)は条件(3)に対応することになり、4群構成の場合の条件(2)は存在しないこととなる。これら条件(4)、(5)の意味は、夫々条件(1)、(3)で述べた内容と同じである。

又条件(6)は、第3群のワイド端の倍率とテレ端の倍率の比を規定したものである。この条件(6)の上限を越えると前玉径を小さくするためには有利であるが変倍時における収差変動に間し第3群による変動が第2群による変動よりも大きくなり好ましくない。又条件

(6)の下限を越えればほとんど第2群による変倍となり収差補正上は有利であるが、第2群の可動スペースを確保するために絞りが像側へ後退しそのため前玉径が大きくなりやすいので好ましくない。この3群ズームレンズの場合、後に示す実施例のように第1群を2枚のレンズにて構成することが望ましい。またそれに加えて第3群を正レンズ、負レンズ正レンズ、正レンズ、あるいは正レンズ、正レンズ、負レンズ、正レンズにて構成すれば一層好ましい。

[実施例]

次に本発明のズームレンズの各実施例を示す。

実施例1

$f=9\text{mm} \sim 54\text{mm}$ ,  $F/1.6 \sim 2.99$

$2\omega=48.8^\circ \sim 9.2^\circ$

$r_1=35.2029$

$d_1=1.5000 \quad n_1=1.84666 \quad v_1=23.78$

$r_2=20.7986$

$d_2=0.1200$

$r_3=21.2435$

$d_3=6.0000 \quad n_2=1.71300 \quad v_2=53.84$

$r_4=-221.6437$

$d_4=D_1$  (可変)

$r_5=76.6514$

$d_5=0.9000 \quad n_3=1.72000 \quad v_3=50.25$

$r_6=12.9184$

$d_6=3.3000$

10  $r_7=15.3139$

$d_7=0.8000 \quad n_4=1.56873 \quad v_4=63.16$

$r_8=19.6755$

$d_8=2.5000 \quad n_5=1.84666 \quad v_5=23.78$

$r_9=109.6155$

$d_9=D_2$  (可変)

$r_{10}=\infty$  (絞り)

$d_{10}=D_3$  (可変)

$r_{11}=27.0683$

$d_{11}=2.6000 \quad n_6=1.69680 \quad v_6=55.52$

20  $r_{12}=-1184.3507$  (非球面)

$d_{12}=0.2000$

$r_{13}=26.1745$

$d_{13}=1.0000 \quad n_7=1.80518 \quad v_7=25.43$

$r_{14}=15.6653$

$d_{14}=7.0000 \quad n_8=1.60311 \quad v_8=60.70$

$r_{15}=30.7946$  (非球面)

$d_{15}=D_4$  (可変)

$r_{16}=37.3383$

$d_{16}=1.0000 \quad n_9=1.80518 \quad v_9=25.43$

30  $r_{17}=10.6186$

$d_{17}=1.6000$

$r_{18}=22.8778$

$d_{18}=3.5000 \quad n_{10}=1.69680 \quad v_{10}=55.52$

$r_{19}=27.9936$

$d_{19}=2.9000$

$r_{20}=\infty$

$d_{20}=1.6000 \quad n_{11}=1.51633 \quad v_{11}=64.15$

$r_{21}=\infty$

$d_{21}=4.4000 \quad n_{12}=1.54771 \quad v_{12}=62.83$

40  $r_{22}=\infty$

$d_{22}=2.6000$

$r_{23}=\infty$

$d_{23}=0.6000 \quad n_{13}=1.51633 \quad v_{13}=64.15$

$r_{24}=\infty$

非球面係数

(第12面)

$A_4=0.51861 \times 10^{-5}$ ,  $A_6=0.54698 \times 10^{-6}$

$A_8=-0.18471 \times 10^{-8}$

(第15面)

50  $A_4=0.42210 \times 10^{-4}$ ,  $A_6=0.74263 \times 10^{-6}$

(7)

特許 2920549 号

$$\Lambda_8 = 0.29780 \times 10^{-8}$$

	$f$	9.27	22.035	52.38				
	$D_1$	1.000	12.572	17.288	*			

$$H F_{\text{eff}} / \sqrt{F_w \cdot F_T} = 0.411 \quad , \quad t_1 / \sqrt{F_w \cdot F_T} = 0.346$$

$$t_N / \sqrt{F_w \cdot F_T} = 0.277 \quad , \quad \nu_{1P} - \nu_{1N} = 30.06$$

$$|\phi_{1N}| \cdot \sqrt{F_w \cdot F_T} = 0.350$$

$$R_{25} / (n_P - n_N) \sqrt{F_w \cdot F_T} = 3.21 \quad 10$$

実施例 2

 $f = 9\text{mm} \sim 54\text{mm}$ ,  $F/1.56 \sim 2.31$  $2\omega = 48.8^\circ \sim 9.2^\circ$  $r_1 = 26.3524$  $d_1 = 1.5000 \quad n_1 = 1.84666 \quad \nu_1 = 23.78$  $r_2 = 19.2969$  $d_2 = 0.1600$  $r_3 = 19.8317$  $d_3 = 5.7000 \quad n_2 = 1.69680 \quad \nu_2 = 55.52$  $r_4 = 159.5293$  $d_4 = D_1$  (可変) $r_5 = 96.7480$  $d_5 = 0.9000 \quad n_3 = 1.83400 \quad \nu_3 = 37.16$  $r_6 = 11.2280$  $d_6 = 3.2000$  $r_7 = -17.3804$  $d_7 = 0.8000 \quad n_4 = 1.63854 \quad \nu_4 = 55.38$  $r_8 = 16.8698$  $d_8 = 3.2000 \quad n_5 = 1.84666 \quad \nu_5 = 23.78$  $r_9 = -73.6884$  $d_9 = D_2$  (可変) $r_{10} = \infty$  (絞り) $d_{10} = D_3$  (可変) $r_{11} = 41.7164$  $d_{11} = 3.1000 \quad n_6 = 1.69680 \quad \nu_6 = 55.52$  $r_{12} = -39.8526$  $d_{12} = 0.2000$  $r_{13} = 18.2916$ 

$$H F_{\text{eff}} / \sqrt{F_w \cdot F_T} = 0.379 \quad , \quad t_1 / \sqrt{F_w \cdot F_T} = 0.334$$

$$t_N / \sqrt{F_w \cdot F_T} = 0.227 \quad , \quad \nu_{1P} - \nu_{1N} = 31.74$$

$$|\phi_{1N}| \cdot \sqrt{F_w \cdot F_T} = 0.234$$

$$\nu_{1P} - \nu_{1N} = 0.3 \quad , \quad R_{26} / \sqrt{F_w \cdot F_T} = -3.34$$

	$D_2$	17.288	5.716	1.000
	$D_3$	14.721	10.956	1.800
	$D_4$	6.989	10.754	19.910

 $d_{13} = 3.3000 \quad n_7 = 1.60311 \quad \nu_7 = 60.70$  $r_{14} = 664.7190$  $d_{14} = 1.0000$  $r_{15} = -29.5242$  $d_{15} = 1.0000 \quad n_8 = 1.84666 \quad \nu_8 = 23.78$  $r_{16} = 36.9394$  $d_{16} = 3.4000 \quad n_9 = 1.69680 \quad \nu_9 = 55.52$  $r_{17} = -30.8119$  $d_{17} = D_4$  (可変) $r_{18} = 23.5455$  $d_{18} = 1.0000 \quad n_{10} = 1.80100 \quad \nu_{10} = 34.97$  $r_{19} = 9.1620$ 20  $d_{19} = 1.0000$  $r_{20} = 14.0184$  $d_{20} = 3.0000 \quad n_{11} = 1.74950 \quad \nu_{11} = 35.27$  $r_{21} = -106.8065$  $d_{21} = 1.8000$  $r_{22} = \infty$  $d_{22} = 1.6000 \quad n_{12} = 1.51633 \quad \nu_{12} = 64.15$  $r_{23} = \infty$  $d_{23} = 4.4000 \quad n_{13} = 1.54771 \quad \nu_{13} = 62.83$  $r_{24} = \infty$ 30  $d_{24} = 2.6000$  $r_{25} = \infty$  $d_{25} = 0.6000 \quad n_{14} = 1.51633 \quad \nu_{14} = 64.15$  $r_{26} = \infty$  $f$  9.27 22.035 52.38 $D_1$  1.000 12.502 19.946 $D_2$  19.946 8.444 1.000 $D_3$  11.038 6.749 0.732 $D_4$  6.989 11.279 17.295



$$R_{25}/(n_p - n_n) \sqrt{f_w \cdot f_T} = 3.68 \quad \nu_{2n} - \nu_{2p} = 22.49$$

$$R_{25}/R_{24} = -0.04 \quad \nu_{3p} - \nu_{3n} = 33.47$$

## 実施例 3

$f = 9\text{mm} \sim 54\text{mm}$ ,  $F/1.56 \sim 2.31$   
 $2\omega = 48.8^\circ \sim 9.2^\circ$   
 $r_1 = 27.5339$   
 $d_1 = 1.5000 \quad n_1 = 1.84666 \quad \nu_1 = 23.78$   
 $r_2 = 19.2203$   
 $d_2 = 0.1600$   
 $r_3 = 19.6352$   
 $d_3 = 5.7000 \quad n_2 = 1.71300 \quad \nu_2 = 53.84$   
 $r_4 = 170.0287$   
 $d_4 = D_1$  (可変)  
 $r_5 = 60.1293$   
 $d_5 = 0.9000 \quad n_3 = 1.83400 \quad \nu_3 = 37.16$   
 $r_6 = 10.9451$   
 $d_6 = 3.2000$   
 $r_7 = -18.5112$   
 $d_7 = 0.8000 \quad n_4 = 1.63854 \quad \nu_4 = 55.38$   
 $r_8 = 16.2958$   
 $d_8 = 3.2000 \quad n_5 = 1.84666 \quad \nu_5 = 23.78$   
 $r_9 = -100.1631$   
 $d_9 = D_2$  (可変)  
 $r_{10} = \infty$  (絞り)  
 $d_{10} = D_3$  (可変)  
 $r_{11} = 38.4186$   
 $d_{11} = 3.1000 \quad n_6 = 1.69680 \quad \nu_6 = 55.52$   
 $r_{12} = -51.2382$   
 $d_{12} = 0.2000$   
 $r_{13} = 17.0011$   
 $d_{13} = 3.3000 \quad n_7 = 1.60311 \quad \nu_7 = 60.70$   
 $r_{14} = 258.8131$

$* \quad d_{14} = 1.0000$   
 $r_{15} = -29.8674$   
 $d_{15} = 1.0000 \quad n_8 = 1.84666 \quad \nu_8 = 23.78$   
 $r_{16} = 35.4843$   
 $d_{16} = 3.4000 \quad n_9 = 1.69680 \quad \nu_9 = 55.52$   
 $r_{17} = -30.5387$   
 $d_{17} = D_4$  (可変)  
 $r_{18} = 242.5055$   
 $d_{18} = 3.0000 \quad n_{10} = 1.74950 \quad \nu_{10} = 35.27$   
 $r_{19} = 13.9740$   
 $d_{19} = 1.0000$   
 $r_{20} = -9.7090$   
 $d_{20} = 1.0000 \quad n_{11} = 1.80100 \quad \nu_{11} = 34.97$   
 $r_{21} = -25.6445$   
 $d_{21} = 1.5000$   
 $r_{22} = \infty$   
 $d_{22} = 1.6000 \quad n_{12} = 1.51633 \quad \nu_{12} = 64.15$   
 $r_{23} = \infty$   
 $d_{23} = 4.4000 \quad n_{13} = 1.54771 \quad \nu_{13} = 62.83$   
 $r_{24} = \infty$   
 $d_{24} = 1.5000$   
 $r_{25} = \infty$   
 $d_{25} = 0.6000 \quad n_{14} = 1.51633 \quad \nu_{14} = 64.15$   
 $r_{26} = \infty$   

	$f$	9.27	22.035	52.38
$D_1$	1.000	12.575	19.842	
$D_2$	19.842	8.267	1.000	
$D_3$	11.023	6.599	0.019	
$D_4$	6.989	11.414	17.994	

$$HF_{0N}/\sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.248 \quad t_1/\sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.334$$

$$t_N/\sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.227 \quad \nu_{1p} - \nu_{1n} = 30.06$$

$$|\phi_{1n}| \cdot \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.269$$

$$\nu_{4p} - \nu_{4n} = 0.3 \quad R_{25}/\sqrt{f_w \cdot f_T} = -4.55$$

$$R_{25}/(n_p - n_n) \sqrt{f_w \cdot f_T} = 3.55 \quad \nu_{2n} - \nu_{2p} = 22.49$$

$$R_{25}/R_{24} = -0.12 \quad D_{25}/\sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.25$$

$$\nu_{3p} - \nu_{3n} = 33.47$$

## 実施例 4

$f = 9\text{mm} \sim 54\text{mm}$ ,  $F/1.5 \sim 2.27$

$2\omega = 48.8^\circ \sim 9.2^\circ$

$r_1 = 119.4754$

17

$d_1 = 1.5000$     $n_1 = 1.84666$     $v_1 = 23.78$   
 $r_2 = 43.2372$   
 $d_2 = 0.4000$   
 $r_3 = 54.7653$   
 $d_3 = 3.2000$     $n_2 = 1.60311$     $v_2 = 60.70$   
 $r_4 = -254.7500$   
 $d_4 = 0.2000$   
 $r_5 = 31.6910$   
 $d_5 = 3.4000$     $n_3 = 1.72000$     $v_3 = 50.25$   
 $r_6 = 297.4947$   
 $d_6 = D_1$  (可変)  
 $r_7 = 1667.8492$   
 $d_7 = 0.9000$     $n_4 = 1.83400$     $v_4 = 37.16$   
 $r_8 = 12.9936$   
 $d_8 = 2.6500$   
 $r_9 = -20.7415$   
 $d_9 = 0.8000$     $n_5 = 1.63854$     $v_5 = 55.38$   
 $r_{10} = 15.6937$   
 $d_{10} = 3.5000$     $n_6 = 1.84666$     $v_6 = 23.78$   
 $r_{11} = -142.7071$   
 $d_{11} = D_2$  (可変)  
 $r_{12} = \infty$  (絞り)  
 $d_{12} = D_3$  (可変)  
 $r_{13} = 35.2771$   
 $d_{13} = 3.6000$     $n_7 = 1.70154$     $v_7 = 41.21$   
 $r_{14} = -42.6217$   
 $d_{14} = 0.2000$   
 $r_{15} = 20.2984$   
 $d_{15} = 3.2000$     $n_8 = 1.60311$     $v_8 = 60.70$   
 $r_{16} = 107.9479$

\* 30

$$H F_{\text{max}} / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.360 \quad , \quad t_1 / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.395$$

$$t_N / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.236 \quad , \quad v_{1p} - v_{1n} = 31.695$$

$$|\phi_{1n}| \cdot \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.273 \quad , \quad \phi_{1p1} / \phi_{1p2} = 0.653$$

$$v_{4p} - v_{4n} = 5.13 \quad , \quad R_{2s} / \sqrt{f_w \cdot f_T} = -6.48$$

$$R_{2s} / (n_p - n_n) \sqrt{f_w \cdot f_T} = 3.42 \quad , \quad v_{2n} - v_{2p} = 22.49$$

$$R_{3s} / R_{34} = -0.28 \quad , \quad D_{35} / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.12$$

$$v_{3p} - v_{3n} = 23.93$$

18

$* d_{16} = 1.5700$   
 $r_{17} = -30.2741$   
 $d_{17} = 1.0000$     $n_9 = 1.84666$     $v_9 = 23.78$   
 $r_{18} = 18.2629$   
 $d_{18} = 5.8000$     $n_{10} = 1.70154$     $v_{10} = 41.21$   
 $r_{19} = -28.3801$   
 $d_{19} = D_4$  (可変)  
 $r_{20} = 38.3921$   
 $d_{20} = 3.7000$     $n_{11} = 1.76200$     $v_{11} = 40.10$   
 $r_{21} = -15.0610$   
 $d_{21} = 0.5000$   
 $r_{22} = -11.7076$   
 $d_{22} = 1.0000$     $n_{12} = 1.80100$     $v_{12} = 34.97$   
 $r_{23} = -166.6666$   
 $d_{23} = 1.0000$   
 $r_{24} = \infty$   
 $d_{24} = 1.6000$     $n_{13} = 1.51633$     $v_{13} = 64.15$   
 $r_{25} = \infty$   
 $d_{25} = 4.4000$     $n_{14} = 1.54771$     $v_{14} = 62.83$   
 $r_{26} = \infty$   
 $s_{26} = 1.0000$   
 $r_{27} = \infty$   
 $d_{27} = 0.6000$     $n_{15} = 1.51633$     $v_{15} = 64.15$   
 $r_{28} = \infty$

f	9.27	22.035	52.38
D <sub>1</sub>	1.000	12.252	19.278
D <sub>2</sub>	19.278	8.026	1.000
D <sub>3</sub>	14.637	9.499	1.913
D <sub>4</sub>	10.124	15.262	22.849

## 実施例 5

$f = 10\text{mm} \sim 27\text{mm}$ ,  $F/2.33 \sim 2.67$   
 $\omega = 44.4^\circ \sim 18.2^\circ$   
 $r_1 = 25.5444$   
 $d_1 = 1.5000$     $n_1 = 1.84666$     $v_1 = 23.78$   
 $r_2 = 15.6418$

$d_2 = 0.2700$   
 $r_3 = 17.3749$   
 $d_3 = 4.0000$     $n_2 = 1.69680$     $v_2 = 55.52$   
 $r_4 = -69.0299$   
 $d_4 = D_1$  (可変)  
 $r_5 = 395.7212$

50

19

$d_5 = 0.9000$   $n_3 = 1.72000$   $v_3 = 50.25$   
 $r_6 = 11.8571$   
 $d_6 = 1.7400$   
 $r_7 = -10.3805$   
 $d_7 = 0.8000$   $n_4 = 1.62280$   $v_4 = 57.06$   
 $r_8 = 17.2915$   
 $d_8 = 1.8500$   $n_5 = 1.84666$   $v_5 = 23.78$   
 $r_9 = -62.4366$   
 $d_9 = D_2$  (可変)  
 $r_{10} = \infty$  (絞り)  
 $d_{10} = D_3$  (可変)  
 $r_{11} = 15.8400$   
 $d_{11} = 2.5000$   $n_6 = 1.69680$   $v_6 = 55.52$   
 $r_{12} = -31.0270$   
 $d_{12} = 0.2000$   
 $r_{13} = 12.3184$   
 $d_{13} = 3.9771$   $n_7 = 1.60311$   $v_7 = 60.70$   
 $r_{14} = -40.7505$   
 $d_{14} = 0.3600$   
 $r_{15} = -15.8226$   
 $d_{15} = 5.5621$   $n_8 = 1.80518$   $v_8 = 25.43$

$$H F_{\text{max}} / \sqrt{F_w \cdot F_T} = 0.145$$

$$t_N / \sqrt{F_w \cdot F_T} = 0.531, \quad v_{1p} - v_{1n} = 31.74$$

$$|\phi_{1n}| \cdot \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.321$$

## 実施例 6

$f = 10\text{mm} \sim 27\text{mm}$ ,  $F/2.3 \sim 2.66$   
 $2\omega = 44.4^\circ \sim 18.2^\circ$   
 $r_1 = 25.1679$   
 $d_1 = 1.5000$   $n_1 = 1.84666$   $v_1 = 23.78$   
 $r_2 = 13.6950$   
 $d_2 = 0.2500$   
 $r_3 = 14.8428$   
 $d_3 = 4.4000$   $n_2 = 1.78590$   $v_2 = 44.18$   
 $r_4 = -104.4048$   
 $d_4 = D_1$  (可変)  
 $r_5 = 31.2720$   
 $d_5 = 0.9000$   $n_3 = 1.83400$   $v_3 = 37.16$   
 $r_6 = 8.1006$   
 $d_6 = 2.1100$   
 $r_7 = -8.4781$   
 $d_7 = 0.8000$   $n_4 = 1.62230$   $v_4 = 53.20$   
 $r_8 = 12.1584$   
 $d_8 = 2.2000$   $n_5 = 1.84666$   $v_5 = 23.78$   
 $r_9 = -37.5548$   
 $d_9 = D_2$  (可変)  
 $r_{10} = \infty$  (絞り)  
 $d_{10} = D_3$  (可変)

20

$* r_{16} = 8.5694$   
 $d_{16} = 0.6600$   
 $r_{17} = 23.6229$   
 $d_{17} = 3.0000$   $n_9 = 1.83400$   $v_9 = 37.16$   
 $r_{18} = -14.6232$   
 $d_{18} = D_4$  (可変)  
 $r_{19} = \infty$   
 $d_{19} = 1.6000$   $n_{10} = 1.51633$   $v_{10} = 64.15$   
 $r_{20} = \infty$   
 $d_{20} = 4.4000$   $n_{11} = 1.54771$   $v_{11} = 62.83$   
 $r_{21} = \infty$   
 $d_{21} = 2.6000$   
 $r_{22} = \infty$   
 $d_{22} = 0.6000$   $n_{12} = 1.51633$   $v_{12} = 64.15$   
 $r_{23} = \infty$   

f	10.300	16.410	26.190
$D_1$	1.000	5.595	10.062
$D_2$	10.062	5.457	1.000
$D_3$	4.213	2.741	1.800
$D_4$	1.000	2.472	3.413

20

$$t_i / \sqrt{F_w \cdot F_T} = 0.351$$

30

$r_{11} = 13.8345$   
 $d_{11} = 3.0000$   $n_6 = 1.80610$   $v_6 = 40.95$   
 $r_{12} = -25.0010$   
 $d_{12} = 0.3300$   
 $r_{13} = -14.3814$   
 $d_{13} = 6.0000$   $n_7 = 1.80518$   $v_7 = 25.43$   
 $r_{14} = 16.9003$   
 $d_{14} = 0.7700$   
 $r_{15} = 182.2337$   
 $d_{15} = 2.7000$   $n_8 = 1.61700$   $v_8 = 62.79$   
 $r_{16} = -14.2223$   
 $d_{16} = 0.2000$   
 $r_{17} = 20.1274$   
 $d_{17} = 3.0000$   $n_9 = 1.56873$   $v_9 = 63.16$

40

$r_{18} = -37.0475$   
 $d_{18} = D_4$  (可変)  
 $r_{19} = \infty$   
 $d_{19} = 1.6000$   $n_{10} = 1.51633$   $v_{10} = 64.15$   
 $r_{20} = \infty$   
 $d_{20} = 4.4000$   $n_{11} = 1.54771$   $v_{11} = 62.83$   
 $r_{21} = \infty$   
 $d_{21} = 11.5000$   
 $r_{22} = \infty$   
 $d_{22} = 0.6000$   $n_{12} = 1.51633$   $v_{12} = 64.15$

50

$r_{23} = \infty$

		21				22	
f	10.300	16.398	26.190	*	D3	5.052	3.176 1.800
D1	1.000	5.103	8.934		D4	1.000	2.876 4.252
D2	8.934	4.831	1.000	*			

$$H F_{BN} / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.439 \quad t_1 / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.374$$

$$t_N / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.537 \quad \nu_{1p} - \nu_{1n} = 20.4$$

$$|\phi_{1n}| \cdot \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.435$$

## 実施例 7

$$f = 6\text{mm} \sim 36\text{mm}, F/2.0 \sim 3.0$$

$$2\omega = 50.2^\circ \sim 9.4^\circ$$

$$r_1 = \infty$$

$$d_1 = 1.2000 \quad n_1 = 1.80518 \quad \nu_1 = 25.43$$

$$r_2 = 56.7851$$

$$d_2 = 2.4000 \quad n_2 = 1.60311 \quad \nu_2 = 60.70$$

$$r_3 = -161.4902$$

$$d_3 = 0.2000$$

$$r_4 = 29.8795$$

$$d_4 = 2.5000 \quad n_3 = 1.72000 \quad \nu_3 = 50.25$$

$$r_5 = 198.0057$$

$$d_5 = D_1 \text{ (可変)}$$

$$r_6 = -143.3755$$

$$d_6 = 0.8000 \quad n_4 = 1.83400 \quad \nu_4 = 37.16$$

$$r_7 = 10.4625$$

$$d_7 = 1.6400$$

$$r_8 = -24.0267$$

$$d_8 = 0.7000 \quad n_5 = 1.69680 \quad \nu_5 = 55.52$$

$$r_9 = 9.7268$$

$$d_9 = 2.6000 \quad n_6 = 1.84666 \quad \nu_6 = 23.78$$

$$r_{10} = -196.2001$$

$$d_{10} = D_2 \text{ (可変)}$$

$$r_{11} = \infty \text{ (絞リ)}$$

$$d_{11} = D_3 \text{ (可変)}$$

$$r_{12} = 15.1505$$

$$d_{12} = 2.7000 \quad n_7 = 1.70154 \quad \nu_7 = 41.21$$

$$r_{13} = 31.1033$$

$$d_{13} = 0.1500$$

$$H F_{BN} / \sqrt{f_w \cdot f_T} = -0.0701 \quad t_N / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.2587$$

$$t_1 / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.4289 \quad R_{25} / \sqrt{f_w \cdot f_T} = -13.356$$

$$R_{25} / (n_p - n_n) \sqrt{f_w \cdot f_T} = 4.418$$

$$\nu_{2n} - \nu_{2p} = 22.56 \quad R_{25} / R_{24} = -0.2227$$

$$D_{25} / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.0545 \quad \nu_{3p} - \nu_{3n} = 23.07$$

$$\nu_{4p} - \nu_{4n} = -20.36 \quad \sqrt{f_w \cdot f_T} / f_N = -0.2443$$

$$r_{14} = 11.4090$$

$$d_{14} = 2.5000 \quad n_8 = 1.62299 \quad \nu_8 = 58.14$$

$$10 \quad r_{15} = 93.5986$$

$$d_{15} = 0.6400$$

$$r_{16} = -20.8467$$

$$d_{16} = 0.8000 \quad n_9 = 1.84666 \quad \nu_9 = 23.78$$

$$r_{17} = 6.8113$$

$$d_{17} = 4.0000 \quad n_{10} = 1.70154 \quad \nu_{10} = 41.21$$

$$r_{18} = -22.5291$$

$$d_{18} = D_4 \text{ (可変)}$$

$$r_{19} = 32.6140$$

$$d_{19} = 1.0000 \quad n_{11} = 1.75700 \quad \nu_{11} = 47.87$$

$$20 \quad r_{20} = 6.3891$$

$$d_{20} = 0.7000$$

$$r_{21} = 15.2540$$

$$d_{21} = 2.1000 \quad n_{12} = 1.75520 \quad \nu_{12} = 27.51$$

$$r_{22} = -33.3263$$

$$d_{22} = 3.0000$$

$$r_{23} = \infty$$

$$d_{23} = 3.5000 \quad n_{13} = 1.54771 \quad \nu_{13} = 62.83$$

$$r_{24} = \infty$$

$$d_{24} = 1.0000$$

$$30 \quad r_{25} = \infty$$

$$d_{25} = 0.6000 \quad n_{14} = 1.51633 \quad \nu_{14} = 64.15$$

$$r_{26} = \infty$$

$$f \quad 6.180 \quad 14.690 \quad 34.918$$

$$D_1 \quad 1.200 \quad 12.898 \quad 19.820$$

$$D_2 \quad 19.620 \quad 7.922 \quad 1.000$$

$$D_3 \quad 7.878 \quad 5.706 \quad 1.680$$

$$D_4 \quad 1.000 \quad 3.171 \quad 7.197$$

$$\begin{aligned} \nu_{1p} - \nu_{1n} &= 30.045 \quad | \phi_{1n} | \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.2083 \\ \phi_{1p1} / \phi_{1p2} &= 0.6944 \end{aligned}$$

## 実施例 8

f = 6mm ~ 36mm, F/2.0 ~ 3.0

 $2\omega = 50.2^\circ \sim 9.4^\circ$ r<sub>1</sub> = 31.2146d<sub>1</sub> = 1.2000 n<sub>1</sub> = 1.84666 v<sub>1</sub> = 23.78r<sub>2</sub> = 21.6454d<sub>2</sub> = 0.0600r<sub>3</sub> = 22.1743d<sub>3</sub> = 3.5000 n<sub>2</sub> = 1.72916 v<sub>2</sub> = 54.68r<sub>4</sub> = -796.4660d<sub>4</sub> = D<sub>1</sub> (可変)r<sub>5</sub> = -1267.1743d<sub>5</sub> = 0.8000 n<sub>3</sub> = 1.83400 v<sub>3</sub> = 37.16r<sub>6</sub> = 9.6413d<sub>6</sub> = 1.9100r<sub>7</sub> = -13.9370d<sub>7</sub> = 0.7000 n<sub>4</sub> = 1.69680 v<sub>4</sub> = 55.52r<sub>8</sub> = 11.6953d<sub>8</sub> = 2.6000 n<sub>5</sub> = 1.84666 v<sub>5</sub> = 23.78r<sub>9</sub> = -41.5358d<sub>9</sub> = D<sub>2</sub> (可変)r<sub>10</sub> = ∞ (絞り)d<sub>10</sub> = D<sub>3</sub> (可変)r<sub>11</sub> = 19.7110d<sub>11</sub> = 2.7000 n<sub>6</sub> = 1.70154 v<sub>6</sub> = 41.21r<sub>12</sub> = -32.0635d<sub>12</sub> = 0.1500r<sub>13</sub> = 11.4825d<sub>13</sub> = 2.5000 n<sub>7</sub> = 1.62299 v<sub>7</sub> = 58.14

$$H F_{wN} / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.1566, \quad t_N / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.2675$$

$$t_1 / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.3240, \quad R_{25} / \sqrt{f_w \cdot f_T} = -2.827$$

$$R_{25} / (n_p - n_n) \sqrt{f_w \cdot f_T} = 5.313$$

$$\nu_{2n} - \nu_{2p} = 22.56, \quad R_{35} / R_{34} = -0.1585$$

$$D_{35} / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.0545, \quad \nu_{3p} - \nu_{3n} = 23.07$$

$$\nu_{4p} - \nu_{4n} = -21.35, \quad \sqrt{f_w \cdot f_T} / f_N = -0.1313$$

$$\nu_{1p} - \nu_{1n} = 30.9, \quad | \phi_{1n} | \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.1660$$

## 実施例 9

f = 6mm ~ 36mm, F/2.0 ~ 3.0

 $2\omega = 50.2^\circ \sim 9.4^\circ$ \* r<sub>14</sub> = 128.6507d<sub>14</sub> = 0.6600r<sub>15</sub> = -20.3963d<sub>15</sub> = 0.8000 n<sub>8</sub> = 1.84666 v<sub>8</sub> = 23.78r<sub>16</sub> = 7.242010 d<sub>16</sub> = 4.4000 n<sub>9</sub> = 1.70154 v<sub>9</sub> = 41.21r<sub>17</sub> = -16.8465d<sub>17</sub> = d<sub>4</sub> (可変)r<sub>18</sub> = 37.5428d<sub>18</sub> = 1.0000 n<sub>10</sub> = 1.75700 v<sub>10</sub> = 47.87r<sub>19</sub> = 7.3588d<sub>19</sub> = 0.8300r<sub>20</sub> = 21.8186d<sub>20</sub> = 2.1000 n<sub>11</sub> = 1.76182 v<sub>11</sub> = 26.52r<sub>21</sub> = -23.669320 d<sub>21</sub> = 4.5000r<sub>22</sub> = ∞d<sub>22</sub> = 3.5000 n<sub>12</sub> = 1.54771 v<sub>12</sub> = 62.83r<sub>23</sub> = ∞d<sub>23</sub> = 1.0000r<sub>24</sub> = ∞d<sub>24</sub> = 0.6000 n<sub>13</sub> = 1.51633 v<sub>13</sub> = 64.15r<sub>25</sub> = ∞

f 6.180 14.690 34.917

D<sub>1</sub> 1.100 12.039 18.46630 D<sub>2</sub> 18.366 7.426 1.000D<sub>3</sub> 8.356 6.020 1.500D<sub>4</sub> 1.000 3.336 7.855

\*

30

50

r<sub>1</sub> = 23.7980d<sub>1</sub> = 1.2000 n<sub>1</sub> = 1.84666 v<sub>1</sub> = 23.78r<sub>2</sub> = 18.4494

25

26

$d_2 = 0.1200$   
 $r_3 = 19.1669$   
 $d_3 = 3.7000 \quad n_2 = 1.72916 \quad v_2 = 54.68$   
 $r_4 = 129.3407$   
 $d_4 = D_1$  (可変)  
 $r_5 = 74.9820$   
 $d_5 = 0.9000 \quad n_3 = 1.83400 \quad v_3 = 37.16$   
 $r_6 = 7.9166$   
 $d_6 = 2.6900$   
 $r_7 = -13.5440$   
 $d_7 = 0.8000 \quad n_4 = 1.62606 \quad v_4 = 39.21$   
 $r_8 = 9.8227$   
 $d_8 = 3.2000 \quad n_5 = 1.80518 \quad v_5 = 25.43$   
 $r_9 = -27.6825$   
 $d_9 = D_2$  (可変)  
 $r_{10} = \infty$  (絞り)  
 $d_{10} = D_3$  (可変)  
 $r_{11} = 14.8485$   
 $d_{11} = 2.6000 \quad n_6 = 1.78590 \quad v_6 = 44.18$   
 $r_{12} = -59.1678$   
 $d_{12} = 0.1500$   
 $r_{13} = 15.8224$   
 $d_{13} = 3.8000 \quad n_7 = 1.60311 \quad v_7 = 60.70$   
 $r_{14} = -11.5860$

$* \quad d_{14} = 0.8000 \quad n_8 = 1.84666 \quad v_8 = 23.78$   
 $r_{15} = 20.6356$   
 $d_{15} = D_4$  (可変)  
 $r_{16} = 12.4862$   
 $d_{16} = 1.0000 \quad n_9 = 1.68893 \quad v_9 = 31.08$   
 $r_{17} = 7.3928$   
 $d_{17} = 0.7200$   
 $r_{18} = 14.0765$   
 $d_{18} = 2.3000 \quad n_{10} = 1.80518 \quad v_{10} = 25.4$   
 $10 \quad r_{19} = -66.8817$   
 $d_{19} = 4.5250$   
 $r_{20} = \infty$   
 $d_{20} = 3.5000 \quad n_{11} = 1.54771 \quad v_{11} = 62.8$   
 $r_{21} = \infty$   
 $d_{21} = 1.0000$   
 $r_{22} = \infty$   
 $d_{22} = 0.6000 \quad n_{12} = 1.51633 \quad v_{12} = 64.1$   
 $r_{23} = \infty$   

	f	6.180	14.690	34.919
20	D <sub>1</sub>	1.000	11.168	17.753
	D <sub>2</sub>	17.753	7.585	1.000
	D <sub>3</sub>	11.661	7.626	1.500
	D <sub>4</sub>	1.000	5.035	11.161

$$H F_{0N} / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.5745, \quad t_N / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.2737$$

$$t_1 / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.3417, \quad R_{25} / \sqrt{f_w \cdot f_T} = -1.884$$

$$R_{26} / (n_p - n_n) \sqrt{f_w \cdot f_T} = 3.733$$

$$v_{2n} - v_{2p} = 12.755, \quad D_{35} / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.0545$$

$$v_{3p} - v_{3n} = 28.66$$

実1

$$(R_{31} + R_{32}) / (R_{31} - R_{32}) = -0.5988$$

$$v_{4p} - v_{4n} = -5.65, \quad \sqrt{f_w \cdot f_T} / f_N = 0.4909$$

$$v_{1p} - v_{1n} = 30.9, \quad |\phi_{1n}| / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.1359$$

r 3

実施例10

f = 6mm ~ 36mm, F/2.0 ~ 3.2

r 4

2ω = 50.2° ~ 9.4°

r 5

d<sub>1</sub> = 1.2000 n<sub>1</sub> = 1.84666 v<sub>1</sub> = 23.78r<sub>2</sub> = 17.5554

r 6

d<sub>2</sub> = 3.7000 n<sub>2</sub> = 1.72916 v<sub>2</sub> = 54.68r<sub>3</sub> = 299.8897

r 7

d<sub>3</sub> = D<sub>1</sub> (可変)r<sub>4</sub> = -328.5711d<sub>4</sub> = 0.8000 n<sub>3</sub> = 1.83400 v<sub>3</sub> = 37.16r<sub>5</sub> = 8.7329d<sub>5</sub> = 1.9800r<sub>6</sub> = -11.3687d<sub>6</sub> = 0.7000 n<sub>4</sub> = 1.72342 v<sub>4</sub> = 38.03r<sub>7</sub> = 10.0021d<sub>7</sub> = 2.8000 n<sub>5</sub> = 1.84666 v<sub>5</sub> = 23.78r<sub>8</sub> = -23.3617d<sub>8</sub> = D<sub>2</sub> (可変)50 r<sub>9</sub> = ∞ (絞り)

29

$d_{16} = D_4$  (可変)  
 $r_{17} = 10.4530$   
 $d_{17} = 1.0000 \quad n_9 = 1.80518 \quad v_9 = 25.43$   
 $r_{18} = 6.6401$   
 $d_{18} = 0.5500$   
 $r_{19} = 10.2529$   
 $d_{19} = 2.4000 \quad n_{10} = 1.74950 \quad v_{10} = 35.27$   
 $r_{20} = -80.9966$   
 $d_{20} = 2.0000$   
 $r_{21} = \infty$   
 $d_{21} = 3.5000 \quad n_{11} = 1.54771 \quad v_{11} = 62.83$

$$HF_{MN} / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.8673, \quad t_N / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.2689$$

$$t_1 / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.3513, \quad R_{25} / \sqrt{f_w \cdot f_T} = -1.554$$

$$R_{25} / (n_p - n_n) \sqrt{f_w \cdot f_T} = 4.319$$

$$v_{2n} - v_{2p} = 12.705, \quad D_{35} / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.4084$$

$$v_{3p} - v_{3n} = 32.68$$

$$(R_{31} + R_{32}) / (R_{31} - R_{32}) = -0.3632$$

$$v_{4p} - v_{4n} = 9.84, \quad \sqrt{f_w \cdot f_T} / f_N = 0.6044$$

$$v_{1p} - v_{1n} = 30.9, \quad |\phi_{1n}| \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.1812$$

## 実施例12

$f = 6\text{mm} \sim 36\text{mm}, F/2.0 \sim 3.5$   
 $2\omega = 50.2^\circ \sim 9.4^\circ$   
 $r_1 = 24.5467$   
 $d_1 = 1.2000 \quad n_1 = 1.84666 \quad v_1 = 23.78$   
 $r_2 = 19.5142$   
 $d_2 = 0.1200$   
 $r_3 = 20.3207$   
 $d_3 = 3.5000 \quad n_2 = 1.72916 \quad v_2 = 54.68$   
 $r_4 = 122.6814$   
 $d_4 = D_1$  (可変)  
 $r_5 = 83.5379$   
 $d_5 = 0.9000 \quad n_3 = 1.84666 \quad v_3 = 23.78$   
 $r_6 = 7.6564$   
 $d_6 = 2.8600$   
 $r_7 = -13.2999$   
 $d_7 = 0.8000 \quad n_4 = 1.58144 \quad v_4 = 40.75$   
 $r_8 = 10.2960$   
 $d_8 = 3.3000 \quad n_5 = 1.84666 \quad v_5 = 23.78$   
 $r_9 = -28.6984$   
 $d_9 = D_2$  (可変)  
 $r_{10} = \infty$  (絞り)  
 $d_{10} = D_3$  (可変)

\*  $r_{22} = \infty$  $d_{22} = 1.0000$  $r_{23} = \infty$  $d_{23} = 0.6000 \quad n_{12} = 1.51633 \quad v_{12} = 64.15$  $r_{24} = \infty$  $f \quad 6.180 \quad 14.690 \quad 34.919$  $D_1 \quad 1.000 \quad 11.157 \quad 17.728$  $D_2 \quad 17.728 \quad 7.571 \quad 1.000$  $D_3 \quad 11.577 \quad 7.595 \quad 1.522$  $D_4 \quad 1.000 \quad 4.982 \quad 11.055$ 

10

\*

50

 $r_{11} = 20.0754$  $d_{11} = 2.3000 \quad n_6 = 1.65844 \quad v_6 = 50.86$ 30  $r_{12} = -75.9867$  $d_{12} = 0.1500$  $r_{13} = 21.5360$  $d_{13} = 2.0000 \quad n_7 = 1.65844 \quad v_7 = 50.86$  $r_{14} = 822.9372$  $d_{14} = 0.1500$  $r_{15} = 20.7525$  $d_{15} = 2.8000 \quad n_8 = 1.65844 \quad v_8 = 50.86$  $r_{16} = -21.7699$  $d_{16} = 0.0900$ 40  $r_{17} = -19.0113$  $d_{17} = 5.0000 \quad n_9 = 1.80518 \quad v_9 = 25.43$  $r_{18} = 11.4051$  $d_{18} = D_4$  (可変) $r_{19} = 9.4236$  $d_{19} = 1.0000 \quad n_{10} = 1.80518 \quad v_{10} = 25.43$  $r_{20} = 6.7197$  $d_{20} = 0.4300$  $r_{21} = 9.2259$  $d_{21} = 2.5000 \quad n_{11} = 1.73520 \quad v_{11} = 41.80$  $r_{22} = -1096.7302$

31

32

$$\begin{aligned}
 d_{22} &= 1.5000 & * r_{26} &= \infty \\
 r_{23} &= \infty & f &= 6.180 \quad 14.690 \quad 34.919 \\
 d_{23} &= 3.5000 \quad n_{12} = 1.54771 \quad v_{12} = 62.83 & D_1 &= 1.000 \quad 11.700 \quad 18.420 \\
 r_{24} &= \infty & D_2 &= 18.420 \quad 7.720 \quad 1.000 \\
 d_{24} &= 1.0000 & D_3 &= 12.680 \quad 8.377 \quad 1.609 \\
 r_{25} &= \infty & D_4 &= 1.000 \quad 5.303 \quad 12.072 \\
 d_{25} &= 0.6000 \quad n_{13} = 1.51633 \quad v_{13} = 64.15 & * \\
 HF_{BN} / \sqrt{f_w \cdot f_T} &= 1.2112, \quad t_N / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.2675 \\
 l_1 / \sqrt{f_w \cdot f_T} &= 0.3281, \quad R_{26} / \sqrt{f_w \cdot f_T} = -1.954 \\
 R_{25} / (n_p - n_n) \sqrt{f_w \cdot f_T} &= 2.643 \\
 \nu_{2n} - \nu_{2p} &= 8.485, \quad D_{36} / \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.3404 \\
 \nu_{3p} - \nu_{3n} &= 25.43 \\
 (R_{31} + R_{32}) / (R_{31} - R_{32}) &= -0.5820 \\
 \nu_{4p} - \nu_{4n} &= 15.65, \quad \sqrt{f_w \cdot f_T} / f_N = 0.7168 \\
 \nu_{1p} - \nu_{1n} &= 30.9, \quad |\phi_{1n}| \sqrt{f_w \cdot f_T} = 0.1164
 \end{aligned}$$

ただし  $r_1, r_2, \dots$  はレンズ各面の曲率半径、 $d_1, d_2, \dots$  は各レンズの肉厚および空気間隔、 $n_1, n_2, \dots$  は各レンズの屈折率、 $v_1, v_2, \dots$  は各レンズのアッペ数である。

実施例1は、第1図に示すレンズ構成で、第1群は負レンズと正レンズ、第2群は負レンズ、負レンズ、正レンズ、第3群は正レンズ、負レンズ、正レンズ、第4群は正レンズ、負レンズよりなっている。

この実施例の広角端、中間焦点距離、望遠端における収差状況は第13図、第14図、第15図に示す通りである。

実施例2, 3は、夫々第2図、第3図の通りで第3群が正レンズ、正レンズ、負レンズ、正レンズよりなっている。

これら実施例の広角端、中間焦点距離、望遠端における収差状況は実施例2が第16図、第17図、第18図、又実施例3が第19図、第20図、第21図に示す通りである。

実施例4は第4図に示す通りで、第1群が負レンズ、正レンズ、正レンズよりなり他の群は実施例2, 3と類似の構成である。

この実施例4の広角端、中間焦点距離、望遠端における収差状況は第22図、第23図、第24図に示す通りである。

実施例5, 6は夫々第5図、第6図に示す通りで、いずれも3群構成のズームレンズである。

これら実施例の広角端、中間焦点距離、望遠端における収差状況は、実施例5が第25図、第26図、第27図、実施例6が第28図、第29図、第30図に示す通りである。

実施例7は、第7図に示す通りで、第1群が負レンズ、正レンズ、正レンズよりなり、第2群が負レンズ、負レンズ、正レンズよりなり、第3群が正レンズ、正レンズ、負レンズ、正レンズよりなり、第4群が物体側に凸面を向けた負のメニスカスレンズと正レンズよりなっている。

この実施例7の広角端、中間焦点距離、望遠端における収差状況は第31図、第32図、第33図に示す通りである。

実施例8, 9, 10は、夫々第8図、第9図、第10図に示す通りであって、第1群が負レンズ、正レンズよりなり、第2群が負レンズ、負レンズ、正レンズよりなり、第3群が正レンズ、正レンズ、負レンズ、正レンズよりなり、第4群が物体側に凸面を向けた負のメニスカスレンズと正レンズとよりなっている。

これら実施例の広角端、中間焦点距離、望遠端における収差状況は、実施例8が第34図、第35図、第36図に、実施例9が第37図、第38図、第39図に、実施例10が第40図、第41図、第42図に示す通りである。

実施例11は、第11図に示す通りで、第1群が負レンズと正レンズよりなり、第2群が負レンズ、負レンズ、正レンズよりなり、第3群が2枚の正レンズと負レンズつまり正レンズ、正レンズ、負レンズよりなり、第4群が物体側に凸面を向けた負のメニスカスレンズと正レンズよりなっている。

この実施例の広角端、中間焦点距離、望遠端の収差状況は夫々第43図、第44図、第45図に示す通りである。



実施例12は、第12図に示す通りのレンズ構成で、第1群が負レンズ、正レンズよりなり、第2群が負レンズ、負レンズ、正レンズよりなり、第3群が3枚の正レンズと負レンズつまり正レンズ、正レンズ、正レンズ、負レンズよりなっている。

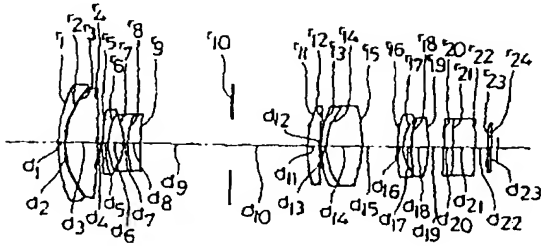
この実施例12の広角端、中間焦点距離、望遠端における収差状況は夫々第46図、第47図、第48図に示す通りである。

尚実施例1においては、第12面と第15面に非球面を用いている。これら非球面の形状は次の式にて表わされる。

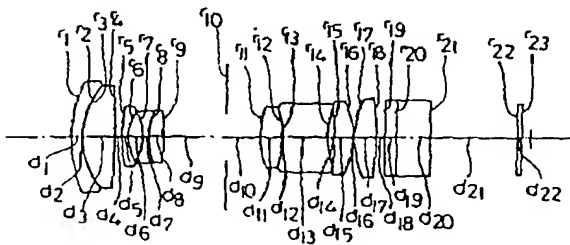
$$x = \frac{y^2 / r}{1 + \sqrt{1 - (y/r)^2}} + \sum_{i=1}^n A_{2i} y^{2i}$$

ただし  $r$  は非球面頂点での曲率半径、 $A_{2i}$  は非球面係数である。

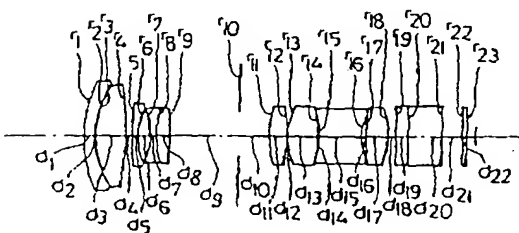
【第1図】



【第3図】



【第5図】



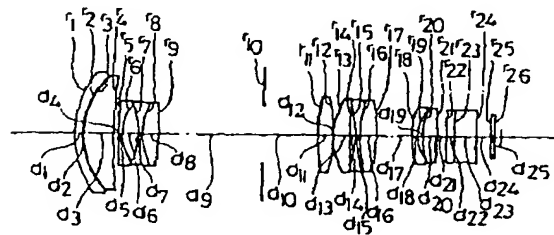
## 【発明の効果】

本発明のズームレンズは、最も重く大きくなる第1群と径と厚みを周辺光量の低下や結像性能の劣化なしに小さく薄く出来、これによって全長も短く出来、従来の同程度の仕様のズームレンズに比べて小型、軽量である。

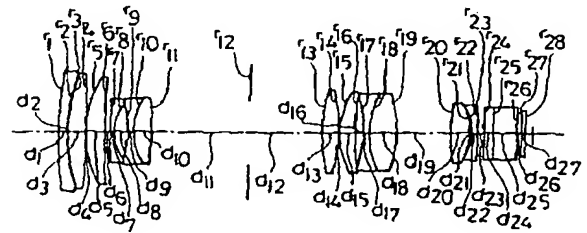
## 【図面の簡単な説明】

第1図乃至第12図は夫々本発明の実施例1乃至実施例12の断面図、第13図乃至第15図は実施例1の収差曲線図、第16図乃至第18図は実施例2の収差曲線図、第19図乃至第21図は実施例3の収差曲線図、第22図乃至第24図は実施例4の収差曲線図、第25図乃至第27図は実施例5の収差曲線図、第28図乃至第30図は実施例6の収差曲線図、第31図乃至第33図は実施例7の収差曲線図、第34図乃至第36図は実施例8の収差曲線図、第37図乃至第39図は実施例9の収差曲線図、第40図乃至第42図は実施例10の収差曲線図、第43図乃至第45図は実施例11の収差曲線図、第46図乃至第48図は実施例12の収差曲線図である。

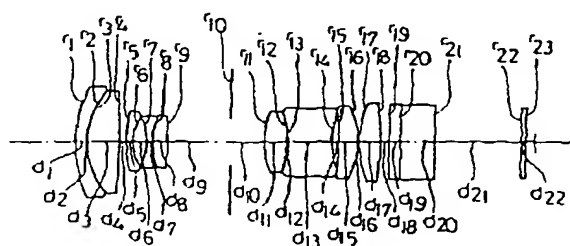
【第2図】



【第4図】

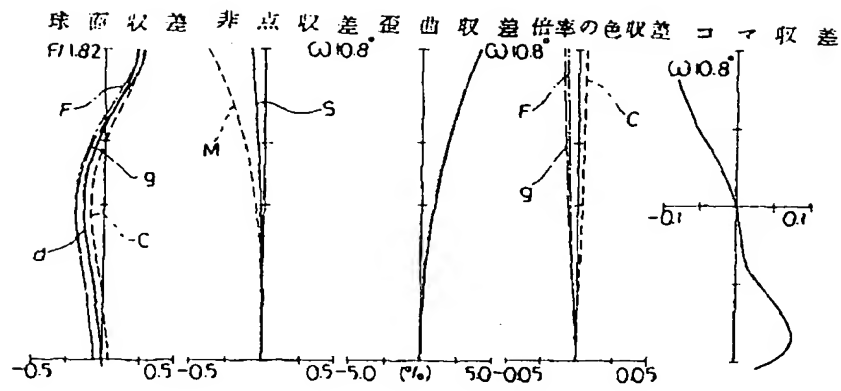


【第6図】

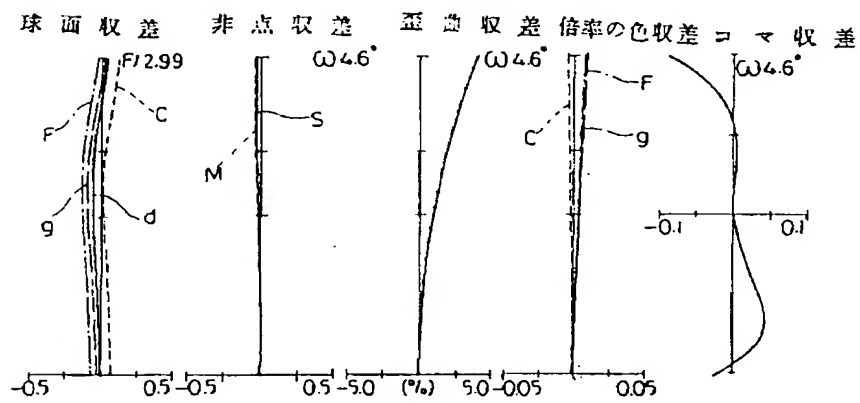




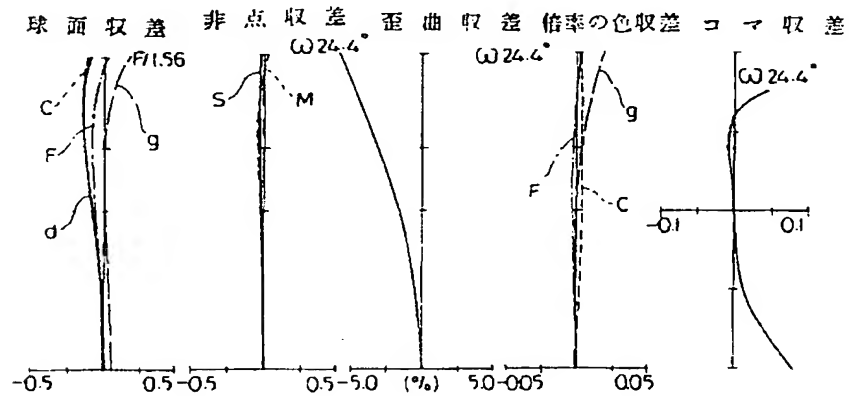
【第14図】



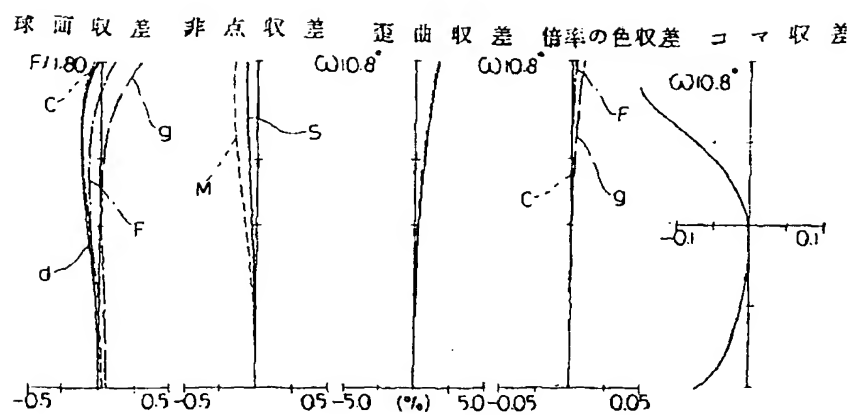
【第15図】



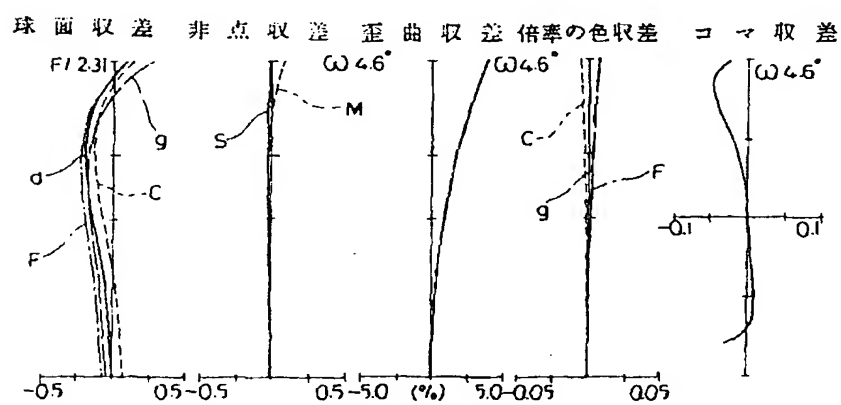
【第16図】



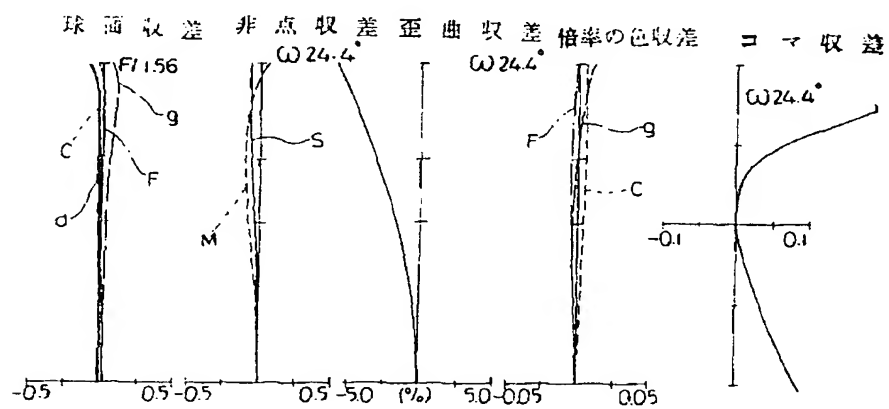
【第17図】



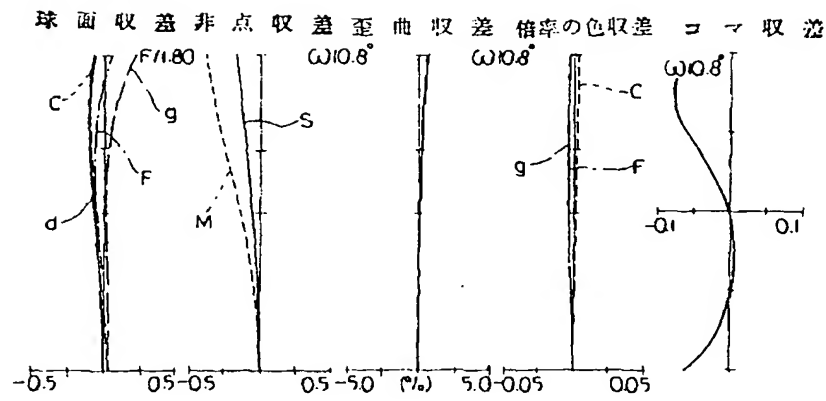
【第18図】



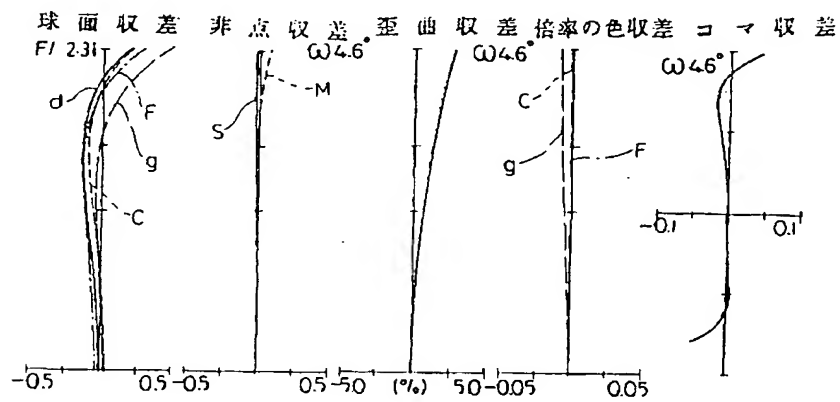
【第19図】



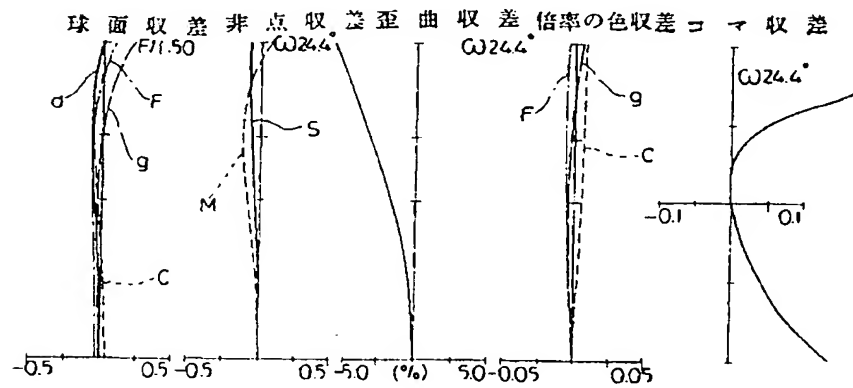
【第20図】



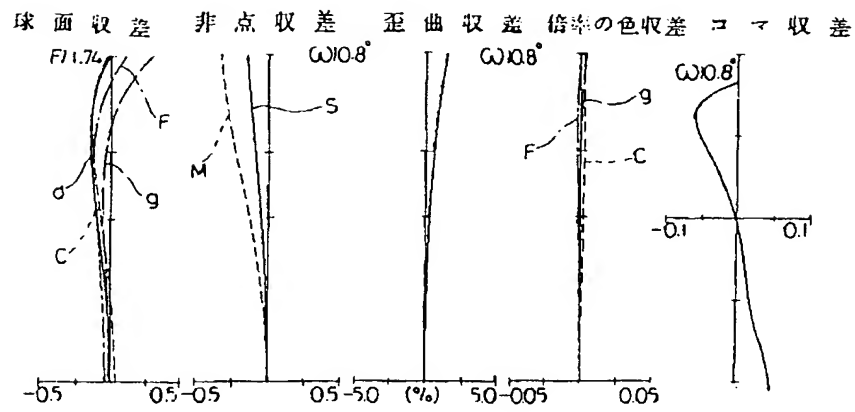
【第21図】



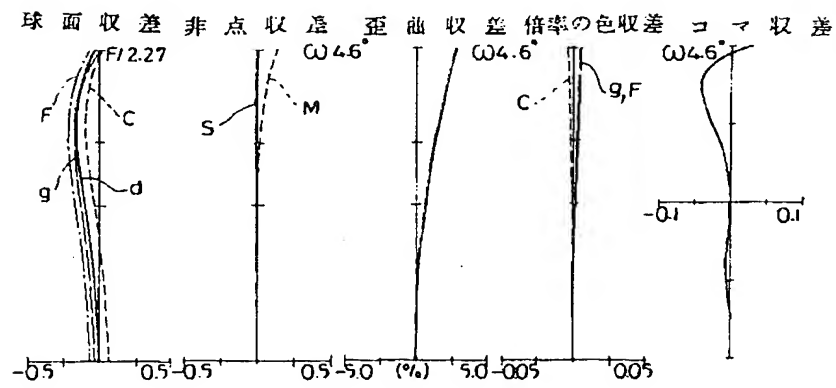
【第22図】



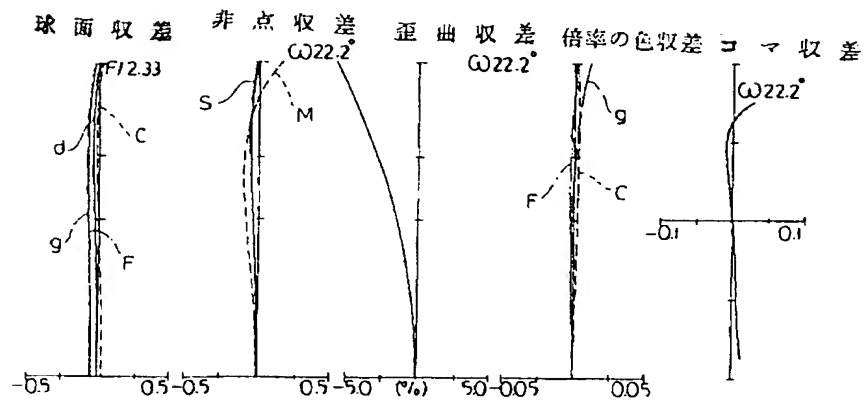
【第23図】



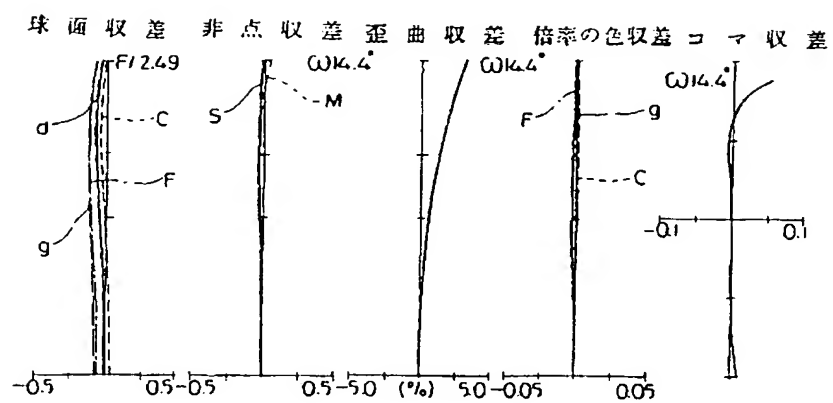
【第24図】



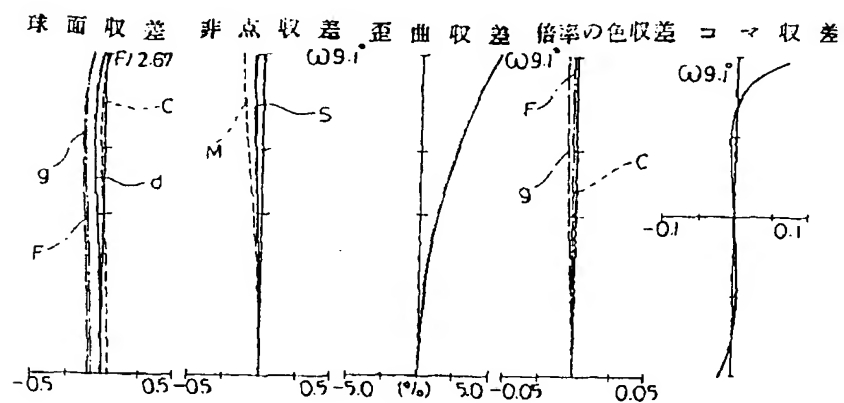
【第25図】



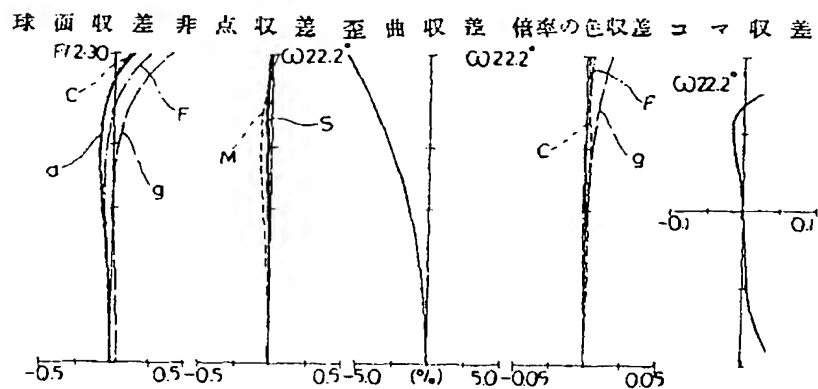
【第26図】



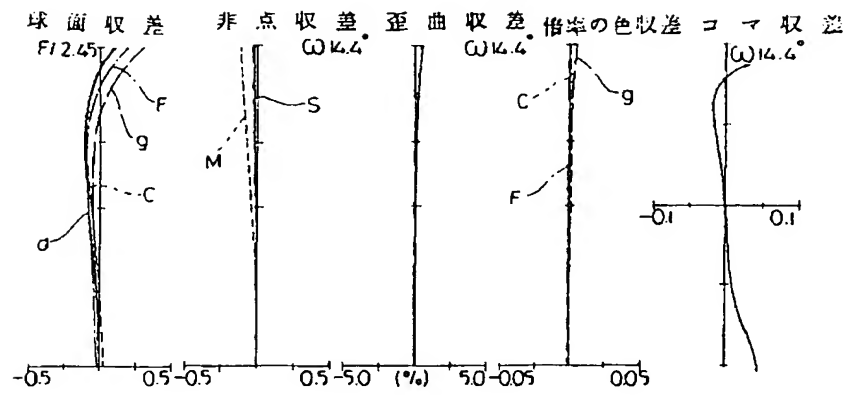
【第27図】



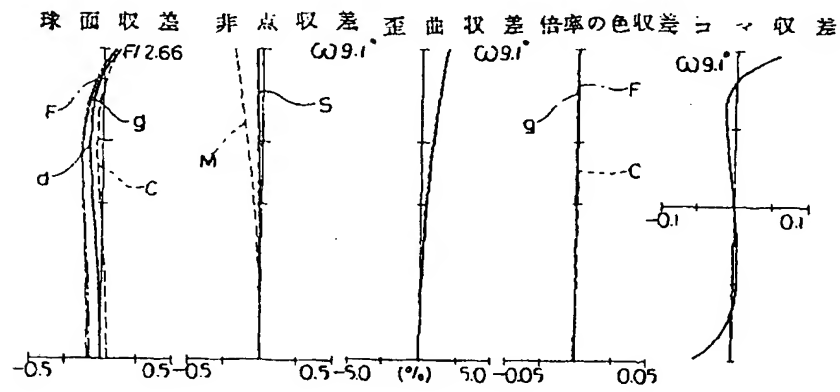
【第28図】



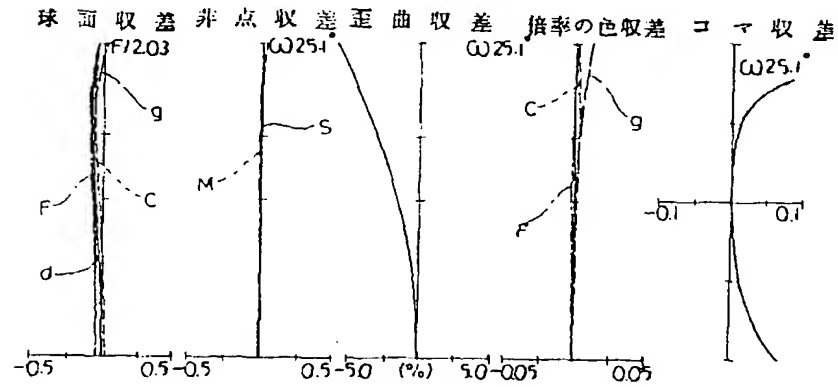
【第 29 図】



【第 30 図】

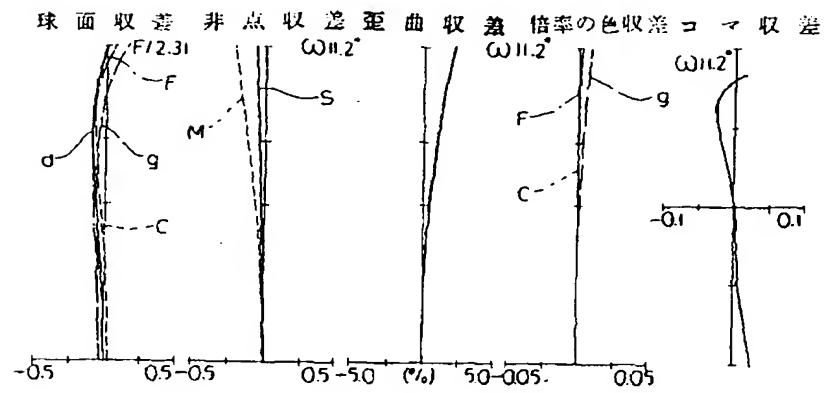


【第 31 図】

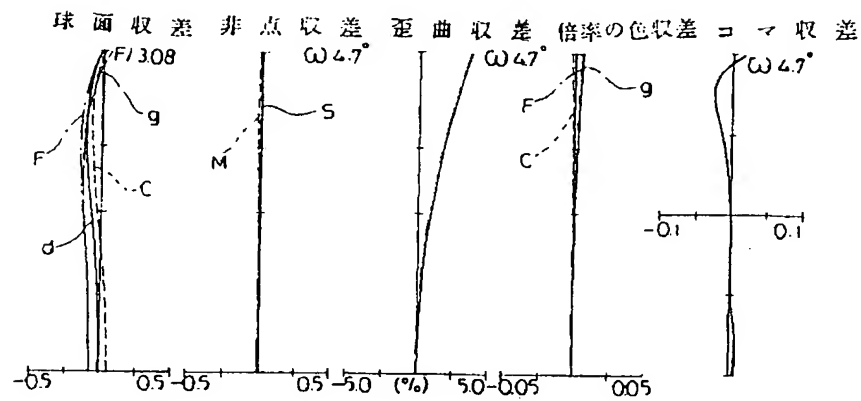




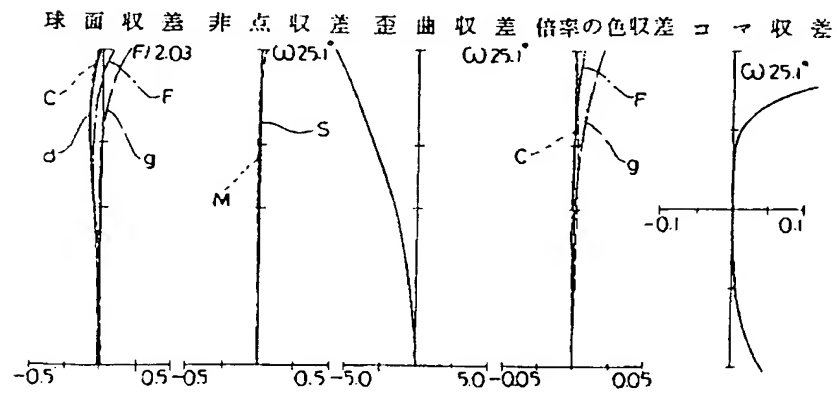
【第32図】



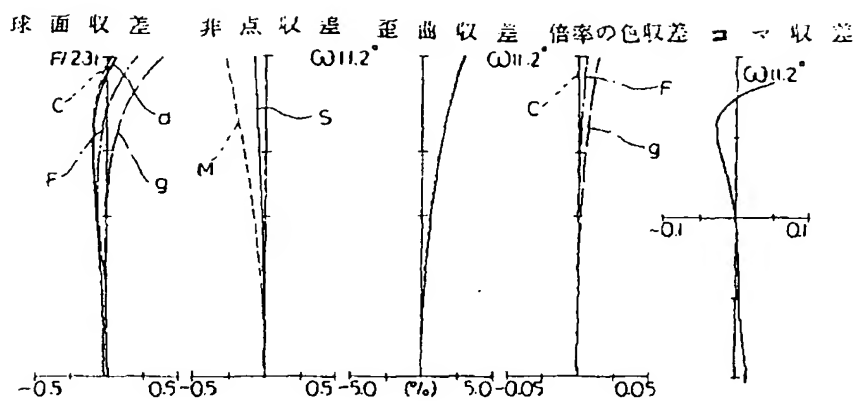
【第33図】



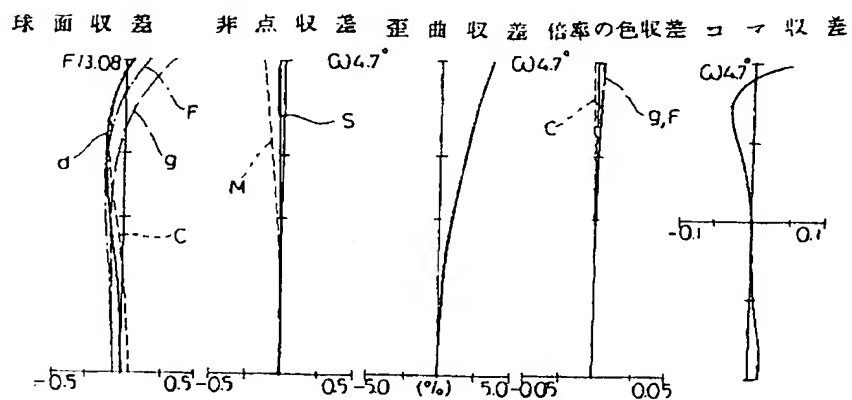
【第34図】



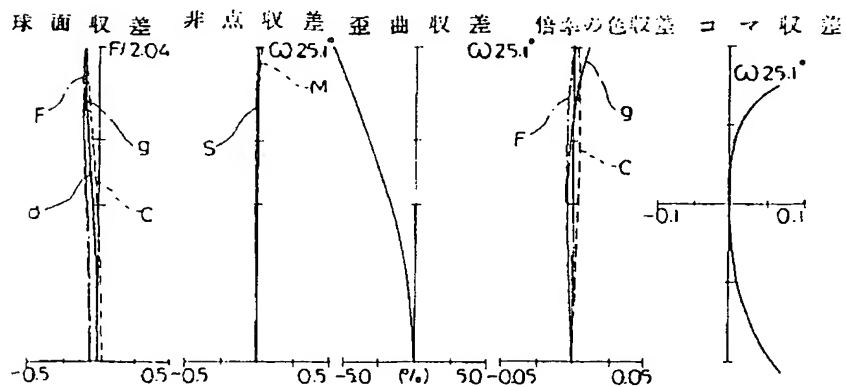
【第35図】



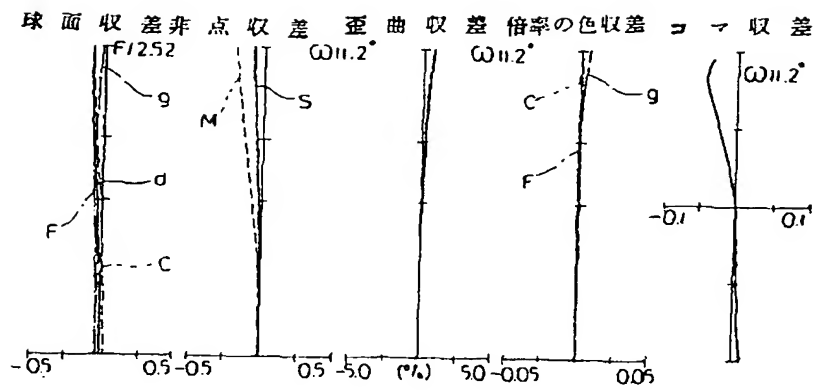
【第36図】



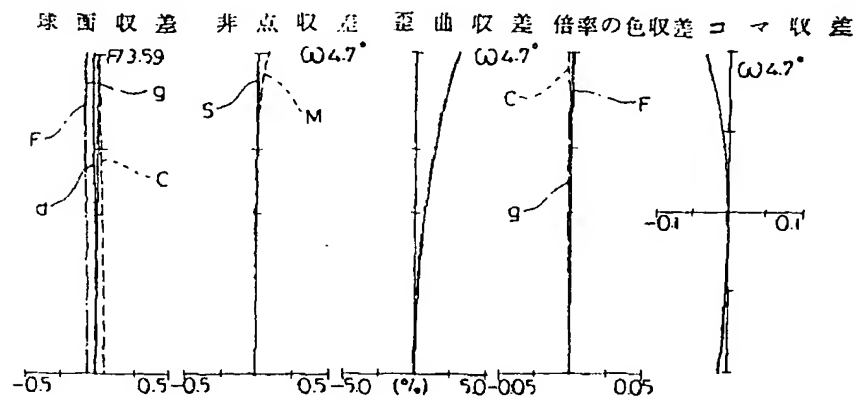
【第37図】



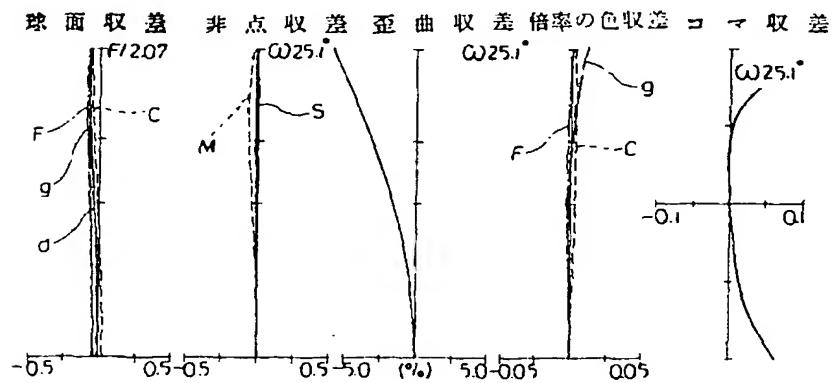
【第 3 8 図】



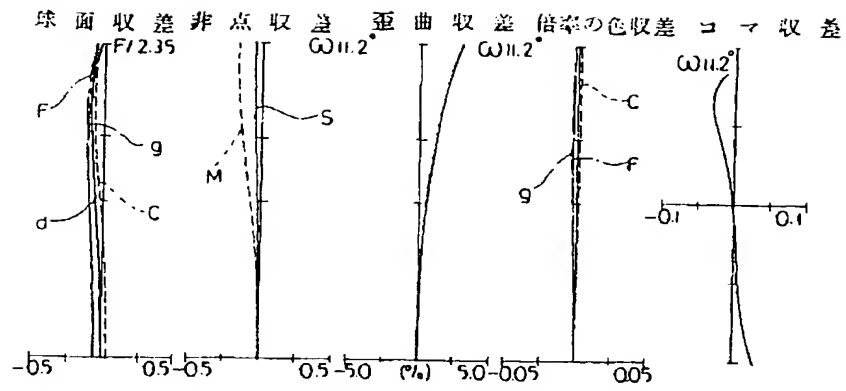
【第 3 9 図】



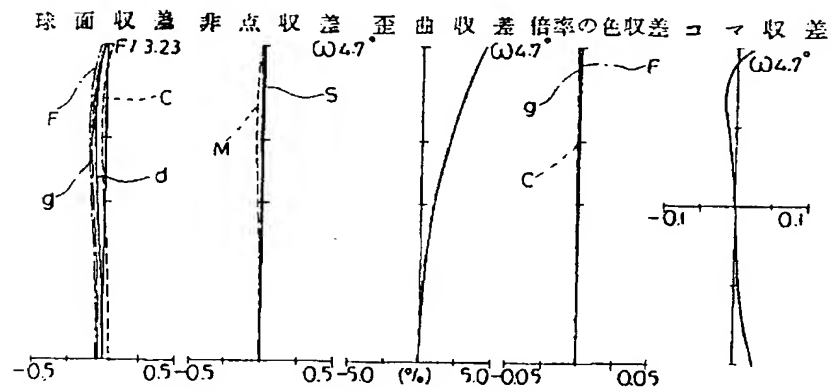
【第 4 0 図】



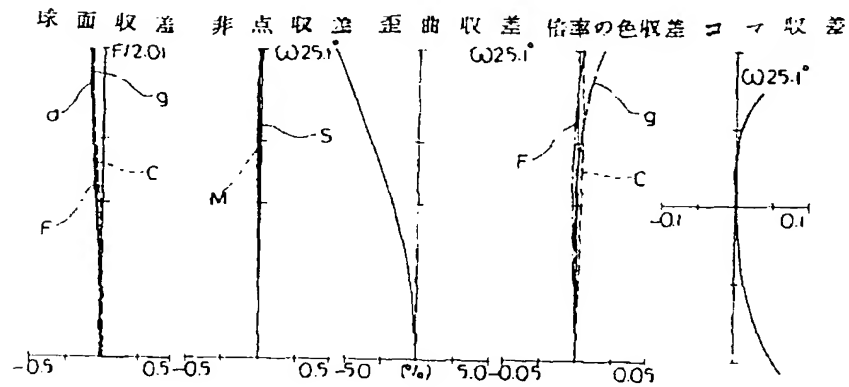
【第 4 1 図】



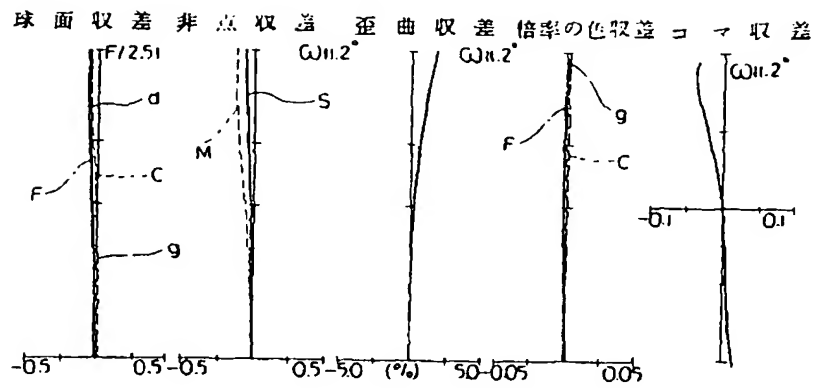
【第 4 2 図】



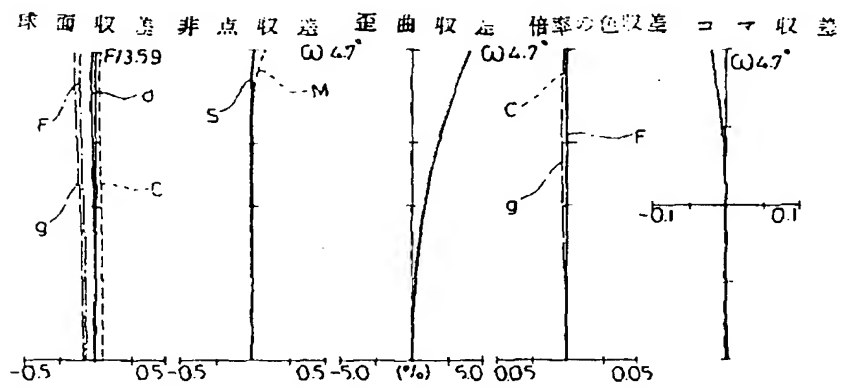
【第 4 3 図】



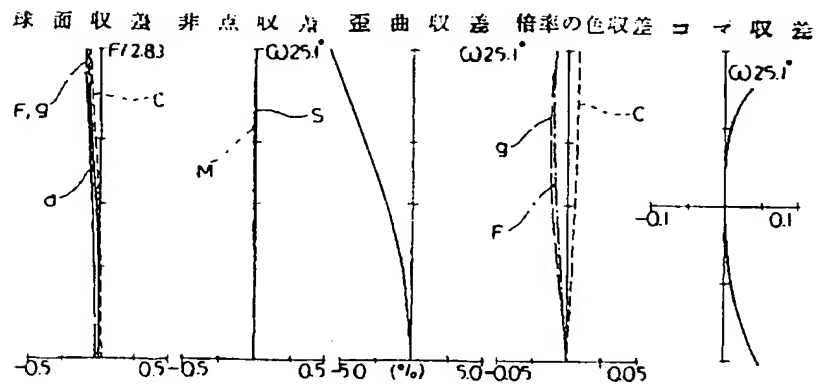
【第44図】



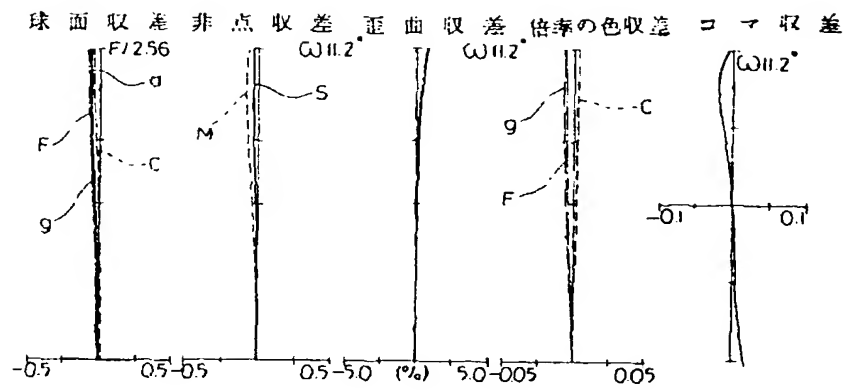
【第45図】



【第46図】



【第47図】



【第48図】

